Bahía de Luperón

Apuntes ecológicos para la conservación de un Área Protegida

Liliana Betancourt Fernández
Alejandro Herrera Moreno



Bahía de Luperón: Apuntes ecológicos para la conservación de un Área Protegida

Liliana Betancourt Fernández
Alejandro Herrera Moreno



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SANTO DOMINGO
Santo Domingo, República Dominicana



Al pueblo de Luperón, con el deseo de que su bahía sea siempre fuente de prosperidad, como lo es de orgullo.

Lista de participantes en la Caracterización del Medio Fisico-Natural del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Marina Tropical Luperón, Bahía de Luperón, Puerto Plata, que sirvió de base a la elaboración de este libro.

Liliana Betancourt Fernández. *Coordinadora Técnica*

Alejandro Herrera Moreno. *Oceanografía*

Brígido Peguero. *Botánica*

Mayra Sánchez Santana. *Hidrología*

Sergio Tejada. *Geología*

Jesús Almonte. *Ornitología*

Marcelino Hernández. *Herpetología*

A modo de presentación

El presente trabajo reúne, organiza, amplía y discute la información ecológica levantada como parte de la Caracterización del Medio Fisico-Natural del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Marina Tropical Luperón, que tuve la oportunidad de coordinar en el año 2002. Los resultados de este estudio fueron amablemente cedidos al Programa EcoMar, Inc. por su promotor el Sr. Michel Sigouin, a quien agradecemos las facilidades ofrecidas para la realización de este trabajo y su comprensión al poner los datos de su estudio al alcance de todos.

Tenemos entonces que este trabajo no es un libro convencional sino un Estudio de Impacto Ambiental convertido en libro. Ello aclarará al lector su contenido, estructura y diversidad temática. Pero..¿por qué este libro? En primer lugar, porque compilar y publicar la información generada por los Estudios de Impacto Ambiental -con la previa autorización de sus patrocinadores- parece una política razonable en un país como el nuestro donde los recursos para la investigación nunca son suficientes. Recordemos, que estos estudios interdisciplinarios movilizan una gran capacidad técnica -nacional e internacional-, cuentan con recursos financieros de sus promotores que rara vez existen en las instituciones y se realizan por todo el país, incluídas regiones -como la que aquí nos ocupa- nunca antes investigadas.

En segundo lugar, los datos que aquí se presentan encierran información ecológica inédita para el conocimiento y manejo de una de las Áreas Protegidas más interesantes del país y pueden constituir una referencia para nuevos estudios, así como una base para la elaboración de materiales didácticos de educación ambiental. En tercer lugar, la organización de este trabajo ofrece una guía metodológica de aplicación en la caracterización físico-natural de nuevas áreas en el país, con lo cual viene a cumplir también una función didáctica para nuestros estudiantes e investigadores.

Si todo esto no bastara, debemos añadir que este libro es en cierta forma un compromiso con el pueblo de Luperón, en agradecimiento

a su hospitalidad y cariño durante los múltiples días de intenso trabajo en la bahía. En tal sentido, algunos nombres deben ser mencionados: el Sr. Ramón Díaz y Peña, quien constituyó un asesor clave para el trabajo botánico, suministrando información histórica y actual; el Sr. Alfido Pérez que fungió de amistoso guía y orientador local y el Agrónomo Pablo Rodríguez del Centro de Cultura y Acción Social de Luperón que nos regaló su amistoso apoyo y su interés por nuestro trabajo. Agradecemos el tiempo cedido en entrevista al Sr. Bruce Van Sant, experto internacional en velerismo y autor del libro *The Gentleman's Guide to Passages South*. A los colegas del Centro de Actividades Naúticas del Hotel Playa Grande agradecemos su cooperación durante los buceos y sus lecciones sobre los ambientes locales.

Un agradecimiento especial va dirigido a los pescadores de la Asociación de Pescadores de Luperón, cuyo Presidente, el Sr. Gerardo Andújar, fue un asesor clave para la obtención de información actualizada del sector pesquero y la reunión de sus miembros para las consultas. El Sr. Domingo Paisano trabajó como buzo especialista durante los muestreos ecológicos y colaboró en corregir y completar el mapa de ecosistemas costeros y marinos que se ofrece en este trabajo. Este pescador, junto al Sr. Marino Rodríguez, nos acompañaron durante los estudios con cuerpos de deriva y ayudaron a interpretar nuestros resultados con su experiencia sobre los vientos y corrientes locales. Directamente en el campo o en los talleres, todos los pescadores de Luperón nos ofrecieron detalles de las especies que pescan, zonas y métodos de pesca y permitieron amablemente el análisis biológico-pesquero de sus capturas.

Sirva entonces este trabajo como reflexión acerca de la necesidad de aprovechar la información de los Estudios de Impacto Ambiental para elaborar obras técnicas al alcance de todos. Ello debe convertirse en una estrategia para el desarrollo científico nacional que a su vez redundará en favor de la calidad de los propios estudios ambientales y la protección de los recursos naturales, que es la gran meta de todos.

Liliana Betancourt Fernández
Programa EcoMar, Inc.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN

Ubicada en la región Noroccidental de la República Dominicana, en la Provincia de Puerto Plata, la Bahía de Luperón, también conocida como Bahía de Gracia (De la Fuente, 1976), ha sido tradicionalmente considerada como un punto importante del velerismo mundial en las rutas de navegación del Atlántico y el Caribe, que van desde la Florida hasta la más meridional de las Antillas Menores (Fig. 1.1). La bahía figura en todos los manuales escritos de la navegación con velas, desde la temprana obra de Hart y Stone (1976), hasta los libros clásicos de Van Sant (1996) y Pavlidis (1998), a los cuales se han sumado en los últimos tiempos una importante cantidad de Páginas Web (Becker, 2002).

Por una parte, la belleza de sus escenarios naturales, la hospitalidad de sus habitantes y su excelente ubicación geográfica, en el denominado “American Eastern Sea Bound”, la convierten en un sitio de visita deseado y recomendado por todos los veleristas. Por otra parte, sus características fisiográficas únicas que garantizan una protección efectiva ante los eventos meteorológicos extremos, tan frecuentes en esta región del océano mundial, hacen de ella uno de los refugios más seguros dentro del itinerario de los veleros que se aventuran por esta parte del mundo.

La Bahía de Luperón presenta muchas de las características de los puertos y bahías de la costa Norte dominicana que se consideran más seguros que sus contrapartes sureñas. Primero, no enfrenta nunca los huracanes y ciclones en la dirección en los cuales éstos penetran al territorio nacional. Segundo, aún en los casos en que sufran los efectos de aquellos eventos cuya trayectoria los encamine a salir por el Noroeste del país, el efecto se manifiesta más en las fuertes lluvias, pues la fuerza destructiva de los vientos se ve atenuada por el papel de escudo que juega la Cordillera Central. Ello convierte a la Bahía de Luperón, al decir de Barlett (2002), en un “perfecto escondite contra huracanes” donde ningún velero ha recibido daños por estos eventos meteorológicos desde 1930.

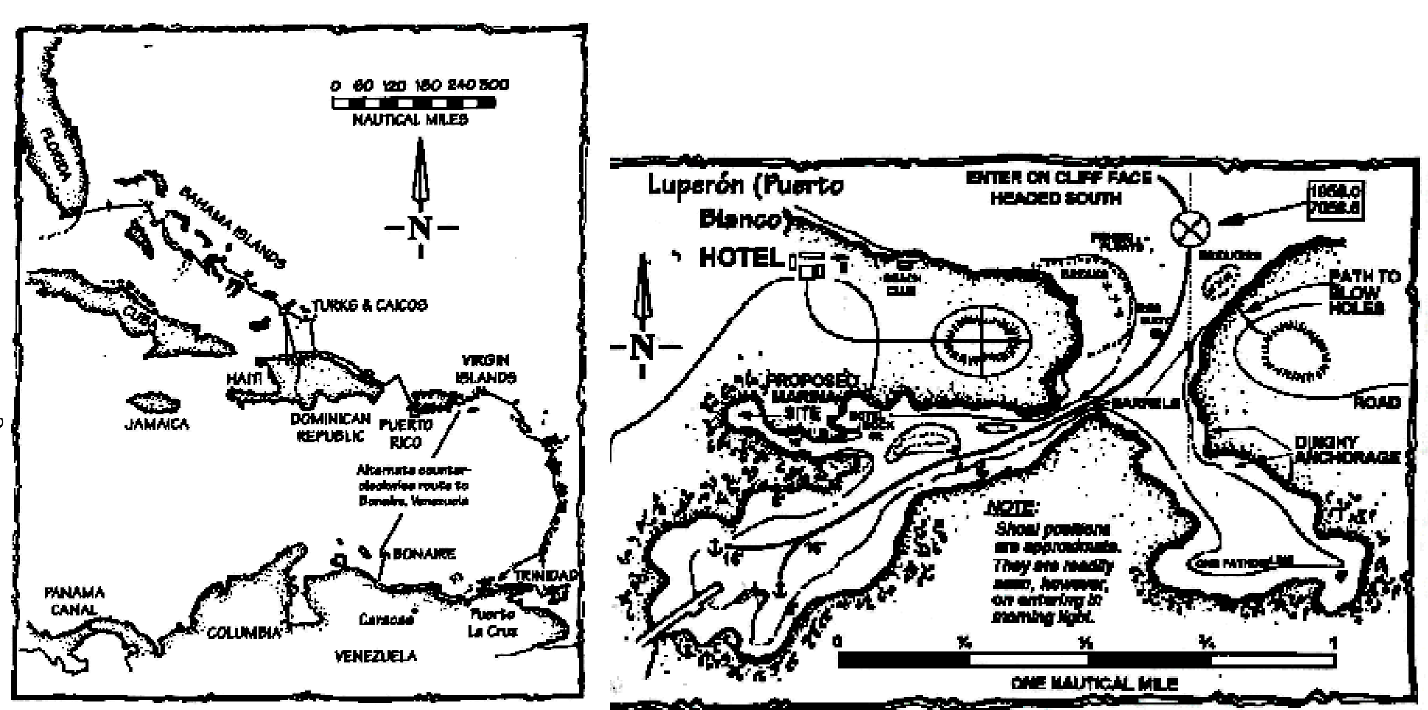


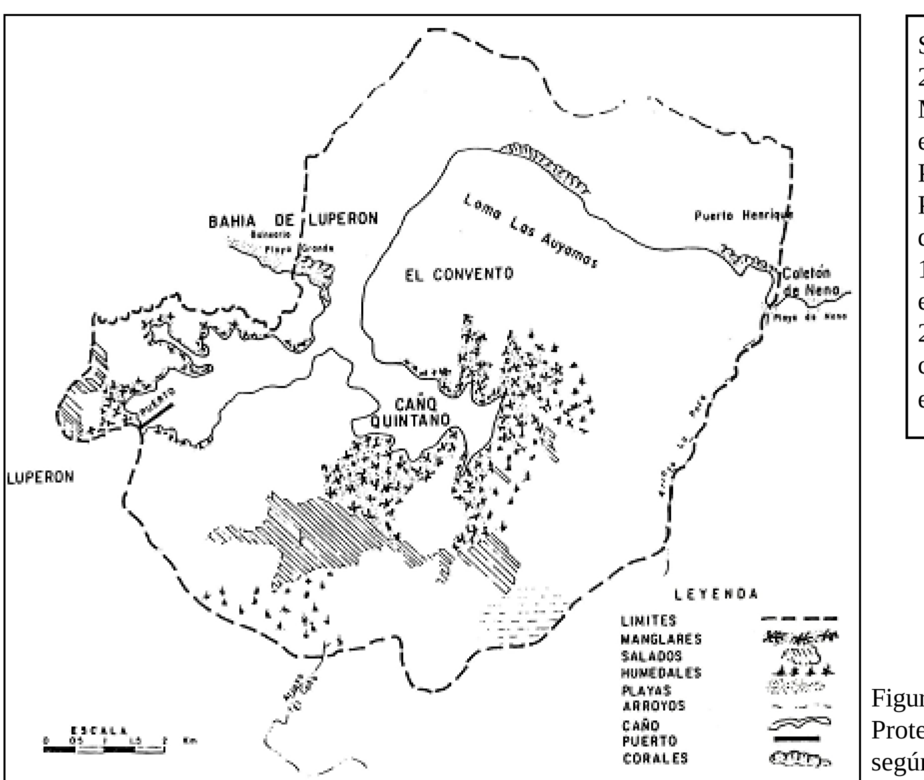
Figura 1.1. Izquierda. Ruta de los veleros en el Atlántico, que incluye en la costa Norte dominicana a la Bahía de Luperón. Derecha. Carta para velerismo de la Bahía de Luperón indicando aspectos relevantes para la navegación (tomados de la obra de Van Sant, 1996).

Se estima que actualmente transitan por la ruta del Atlántico entre 20,000 y 25,000 embarcaciones al año, de las cuales, según datos de la Autoridad Portuaria Dominicana de Luperón, 508 llegaron a la Bahía de Luperón en el año 2002. Ello implica que Luperón ha recibido la visita de al menos unos 1,500 turistas, cifra en realidad superior dado que la mayor parte de los veleros y sus tripulantes realizan prolongadas estadías de varios meses en la bahía.

Además de esta relevancia como destino turístico del velerismo internacional, la Bahía de Luperón es un Monumento Natural dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Gaceta Oficial 1996), categoría que se apoya en sus extraordinarios valores de biodiversidad terrestre, costera y marina que tienen su base –en gran medida- en el extenso bosque de manglar que cubre prácticamente toda su periferia (Fig.1.2). Sin embargo, a pesar de esta relevancia ecológica y turística, la región de Luperón aparece en su contexto provincial como un punto olvidado dentro de las investigaciones nacionales de la biodiversidad.

Sobre la flora, no se conoce ningún estudio específico realizado en la Bahía de Luperón. Los estudios en áreas más próximas son los de Peguero (2000), en la zona de Palo Indio-Guzmancito-Cambiaso, como parte de una EstudioAmbiental; Peguero y Clase (2002), que inventariaron la flora y la vegetación serpentinícolas en Palo Indio, Puerto Plata. Además, en la zona costera, entre las provincias Puerto Plata y Montecristi, se han hecho varias colectas botánicas entre 1969 a 2001, que figuran en la colección del Herbario del Jardín Botánico Nacional Dr. Rafael Ma. Moscoso, con materiales procedentes de la franja de Maimón-Luperón-Punta Rusia. En relación con la fauna terrestre, si bien existen algunas referencias generales para la Provincia Puerto Plata, no hemos hallado ningún estudio particular referente a la Bahía de Luperón.

Un cuadro no muy diferente nos brindan las investigaciones en ecología marina, donde la información sobre Luperón es prácticamente inexistente. Históricamente, la Provincia de Puerto Plata ha sido el escenario de varios estudios biológicos que han comprendido la región de Sosúa, donde existen algunos inventarios



Según la Gaceta Oficial (1996), el Decreto 233 de 1996 en su Artículo 17 crea el Monumento Natural Bahía de Luperón en la comunidad del mismo nombre de la Provincia de Puerto Plata. Esta Área Protegida tiene una superficie de 19.5 km² de los cuales 4 km² son de zona marina y 15.5 km² terrestre. Entre sus principales ecosistemas se incluyen manglares con 2.2 km², salados con 1.4 km², humedales con 1.1 km², colinas con 8.5 km² y ensenadas y caños con 2.3 km².

Figura 1.2. Mapa de los límites geográficos del Área Protegida Monumento Natural Bahía de Luperón, según aparece en la Gaceta Oficial (1996).

de algas (Almodóvar y Bonnelly, 1977), moluscos (Díaz y Bonelly, 1978), equinodermos (Cicero *et al.*, 1976; Cicero, 1981), peces (Terrero y Bonnelly, 1978), esponjas, corales y octocoralios (Geraldes, 1994; Betancourt y Herrera, 2001).

Otras colectas en la provincia incluyen la de crustáceos en el Río Yásica de Bonnelly (1974) y equinodermos de Cicero (1981) en Cafemba. Alvarez *et al*. (1998) realizaron un estudio ecológico general de la Bahía de Puerto Plata. En contraste, el único estudio conocido para Luperón es el de Geraldes (1994), que en su evaluación de varios arrecifes dominicanos realizó una descripción de la situación del arrecife al Oeste de la Bahía de Luperón, donde ofrece algunos inventarios de especies de algas, corales, octocoralios, esponjas y peces.

El presente libro es parte de los esfuerzos del Programa EcoMar, Inc. dentro de su línea de trabajo de ecología y biodiversidad costera y marina en la República Dominicana y tiene como objetivo realizar por primera vez una caracterización ecológica integral de la Bahía de Luperón y su entorno, en aras de contribuir, sobre bases científicas, al conocimiento de esta importante Área Protegida como base para su conservación y manejo turístico.

Tomado de: Betancourt Liliana y Alejandro Herrera-Moreno 2004. Apuntes ecológicos para la conservación de un Área Protegida: Bahía de Luperón. Universidad INTEC/ Programa EcoMar, Inc., Editora Búho, 140 pp.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio comprende la Bahía de Luperón, ubicada en la costa Norte de la República Dominicana, en la Provincia de Puerto Plata, en el Municipio Luperón. En particular, se estudiaron todos los ecosistemas costeros y marinos incluidos en su lóbulo occidental, desde la Cañada La Alhorrada en su extremo Suroeste, hasta la zona oceánica adyacente, en su extremo Noreste.

Debido a que la región terrestre del entorno de la Bahía de Luperón resultaba demasiado extensa para estudiarla totalmente, se seleccionó un área de aproximadamente 46,500 m² al Sur de la bahía, que puede considerarse representativa de las condiciones geomorfológicas y ecológicas generales de la región. Esta área se encuentra enmarcada en un polígono cuyas coordenadas UTM/ NAD-27 son: 295165 E /2201085 N, 295484 E / 2201085 N, 295484 E / 2200546 y 295165 E / 2200546 N, en la cual se realizaron básicamente las investigaciones ecológicas terrestres (Fig. 2.1).

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA

HIDROLOGÍA Y CLIMA

Se colectó información climatológica e hidrométrica relevante a la región de interés proveniente de las Estaciones Climáticas del Aeropuerto La Unión, La Isabela y las Estaciones Termo-pluviométricas de Imbert, Altamira y Luperón, en Puerto Plata. A partir de la información recopilada: a) se realizó el análisis espacio temporal de la precipitación para diferentes períodos de retorno, b) se determinó la Evapotranspiración Potencial y el Balance de Humedad, c) se evaluó la distribución anual de la temperatura y e) se hizo un análisis de las características del viento (velocidad y dirección) y su permanencia. Además, se realizaron algunas valoraciones de la situación regional a la luz del cambio climático, a partir de los criterios que ofrecen Limia (2001) y Herrera y Betancourt (2001) para la República Dominicana.

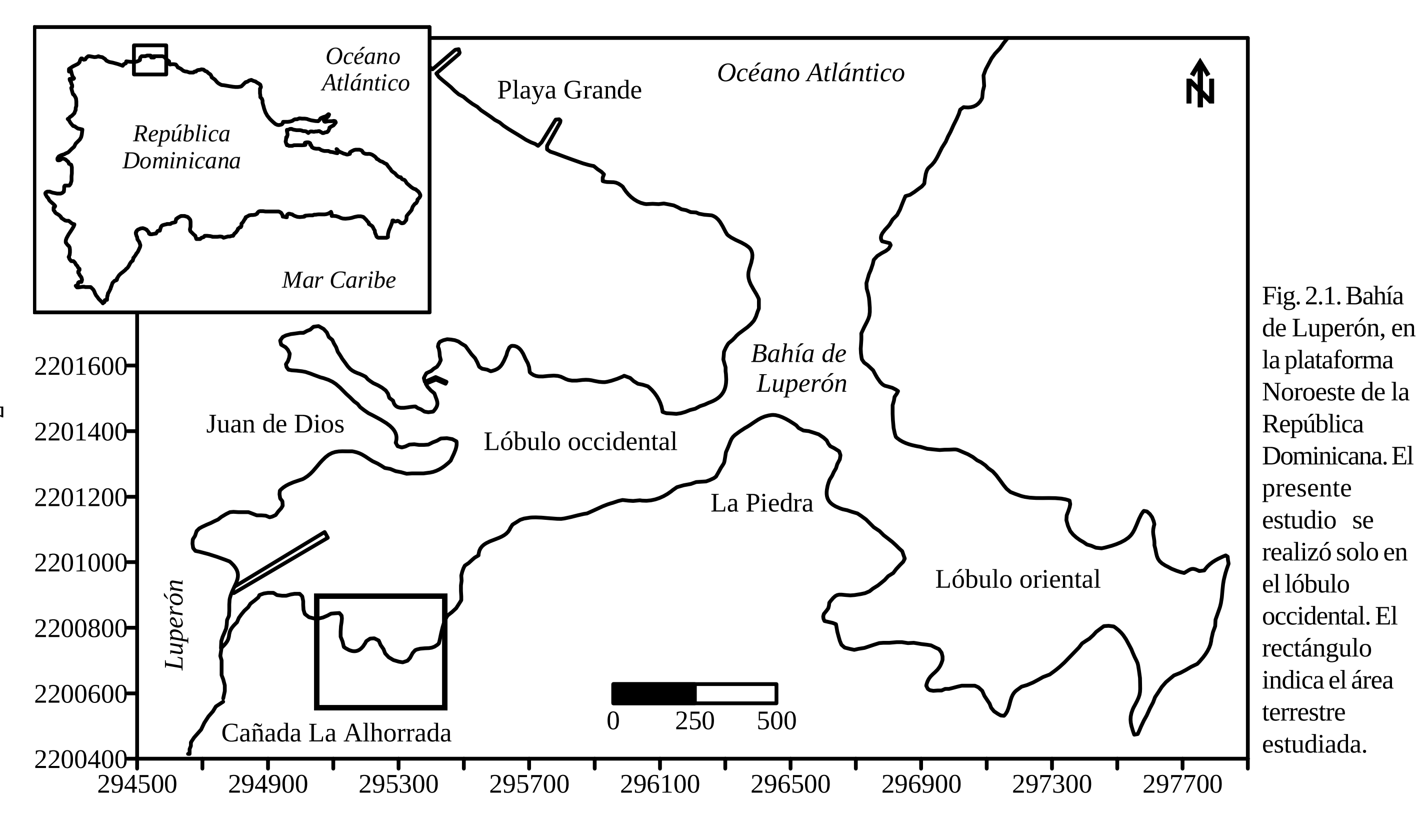


Fig. 2.1. Bahía de Luperón, en la plataforma Noroeste de la República Dominicana. El presente estudio se realizó solo en el lóbulo occidental. El rectángulo indica el área terrestre estudiada.

En la región de estudio se identificaron los cauces, las retenciones superficiales presentes y las zonas con alto potencial de erosividad ante la presencia de las precipitaciones. Debido a que la región no cuenta con cauces importantes de régimen permanente, no existe hasta el momento ningún tipo de medición de caudales, por lo que fue preciso recurrir a la estimación de los mismos mediante la utilización del modelo de simulación hidrológica "Avenidas", basado en el método del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos, conocido como el método del número de la curva CN (SCS, 1972).

Considerando que el curso de agua superficial más relevante en el lóbulo occidental de la Bahía de Luperón es la Cañada La Alhorrada (Fig. 2.1), se realizó una inspección de su cauce para determinar sus características ambientales y sus fuentes contaminantes. Además, se tomaron muestras de agua superficial para determinar algunos parámetros físicos, químicos y microbiológicos en dos estaciones: el puente frente al Puesto Militar (Estación 12: Coordenadas UTM 294818 E/ 2200918 N) y el puente frente al Cementerio (Estación 13: Coordenadas UTM 294762 E/ 2200589 N) a unos 590 m aguas abajo del punto anterior. Los parámetros considerados fueron: conductividad, pH, sulfatos, nitratos, nitritos, amonio, fosfatos, calcio, sodio, magnesio, carbonato, cloro, sólidos totales sedimentables, sólidos totales disueltos, alcalinidad, Demanda Química de Oxígeno (DQO), aceites/grasas y parámetros microbiológicos (coliformes totales, coliformes fecales y *Pseudomonas*). Todos los análisis fueron realizados en los laboratorios del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDHRI) a excepción de los aceites y grasas que fueron realizados en el laboratorio de la Universidad INTEC. Se emplearon técnicas estándares de análisis de agua (APHA, 1995).

Geología y geomorfología costera y marina

Como base para la descripción de la geología costera y marina del lóbulo occidental de la Bahía de Luperón se realizó la interpretación del mapa geológico de la República Dominicana (escala 1:250 000) elaborado por el Instituto Cartográfico Militar,

el mapa hidrogeológico del INDHRI y las ortoimágenes Spot (1:50 000). Teniendo en cuenta el predominio de depósitos sedimentarios del Cuaternario en el área, la caracterización geológica se completó con un muestreo de sedimentos superficiales en once estaciones (Fig. 2.2) que cubrieron todo el interior del lóbulo occidental de la bahía y la zona de plataforma próxima. Las muestras fueron tomadas directamente con un tubo de muestreo tratando de realizar la menor perturbación posible de la superficie de los sedimentos. La caracterización de los sedimentos se orientó a lograr una descripción del área, así como a evaluar la dinámica de deposición y transporte como parte del funcionamiento integral del sistema costero. Para ello, se analizó la distribución espacial de los materiales y su correspondencia con el sistema general de corrientes. Todas las estaciones de colecta fueron georeferenciadas, utilizando un GPS (Sistema de Posicionamiento Global) MAGELLAN-315, en el sistema de coordenadas Universales Transversas de Mercator (UTM), referidas al NAD 27 para la región del Caribe.

Para el análisis de la granulometría, en el caso de las arenas, las muestras fueron secadas, pasadas por tamices (4760, 2000, 1000, 500, 250, 125, 62 y 37 micrones) y pesadas. La caracterización de los sedimentos se realizó con la transformación a unidades phi (ϕ) propuesta por Krumbein (1934), que viene dada por la relación: $\phi = -\log_2 d$, lo que es equivalente a: $2^{-(\phi)} = d$, en las cuales d es el diámetro del sedimento en mm. Utilizando la representación gráfica de la distribución acumulativa del peso por fracciones granulométricas en unidades phi, se determinaron como parámetros estadísticos la mediana, la media, la desviación estándar, la asimetría y la curtosis. De acuerdo con su diámetro medio, las muestras fueron clasificadas por la escala de Wentworth y la Clasificación Unificada de Suelos.

En las muestras con altos contenidos de arcillas y limos, se diferenciaron los porcentajes de material según el diámetro de la malla (mm) por donde escapan las diferentes fracciones, que se categorizan como: a) grava (76.2 a 4.76), b) arena gruesa (4.76 a 2.00) c) arena media (2.00 a 0.42), d) arena fina (0.42 a 0.074), e) limo (0.074 a 0.005) y f) arcilla (< 0.005).

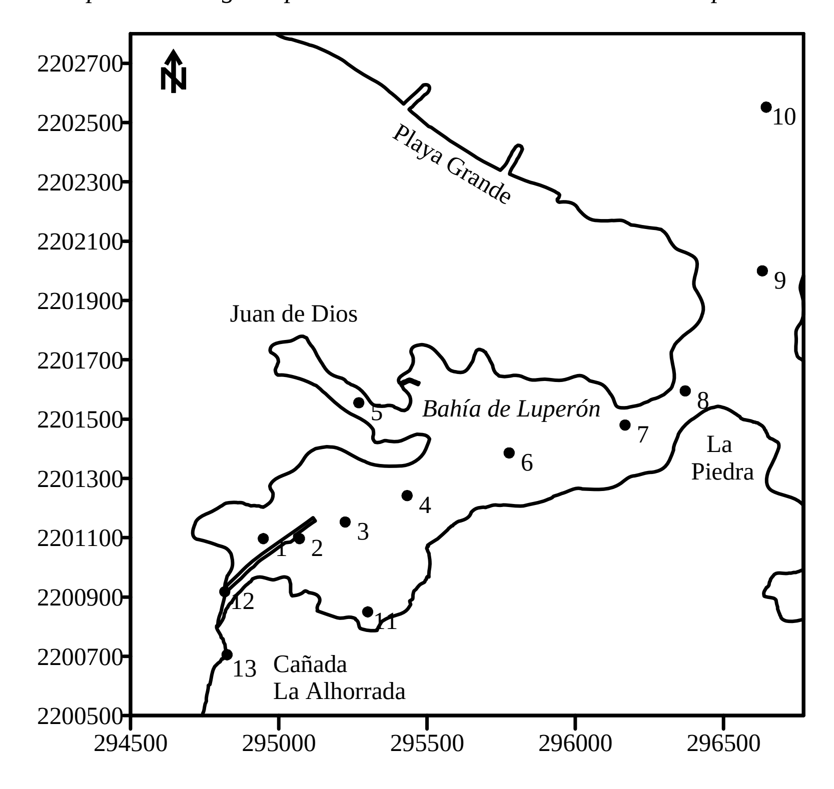


Figura 2.2. Red de estaciones en la Bahía de Luperón y el área costera y marina que sirvieron de base a los muestreos sedimentológicos, hidroquímicos y ecológicos. Se han incluido las estaciones de muestreo en la Cañada La Alhorrada mencionadas en el apartado de hidrología.

A partir de la caracterización espacial de los sedimentos se realizó una valoración integral del funcionamiento dinámico del área, considerando las velocidades de corrientes estimadas con modelos numéricos de circulación y mediciones directas con cuerpos de deriva. Se tuvieron en cuenta los criterios de varios autores en relación con las velocidades de corrientes críticas para el inicio del movimiento de las partículas sedimentarias, si bien el esquema inicial de dinámica de sedimentos se realizó a partir de Hjulstrom (1939). Así, se resumieron las corrientes capaces de provocar la movilización y transporte de los sedimentos y las condiciones en que se produce su deposición, lo que da como resultado la distribución espacial actual de los materiales sueltos.

Batimetría

La información batimétrica proviene básicamente de la Carta Náutica de Puerto Blanco de Luperón del Instituto Cartográfico Militar, en escala 1:10,000. Debido a que los dragados periódicos provocan cambios notables en la topografía del fondo, en aquellos puntos en que fue necesario se rectificó la profundidad con una Ecosonda Portátil SCUBAPRO Modelo PDS-2, con alcance de 100 m. Se realizó un modelo batimétrico digital (MBD) a partir de datos puntuales en coordenadas (x,y,z) obtenidas mediante georeferenciación en el campo y/o ubicación de profundidades en la Carta Náutica.

Mareas

En la predicción de la marea se emplearon los constituyentes armónicos simples de Puerto Plata, calculados a partir de los registros históricos de marea y reportados en la Tabla de Marea de los Grandes Puertos del Mundo (No. 540) del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Marina de Francia. Para el cálculo final de las predicciones se utilizó el programa WXTide32 de 1998 y los resultados fueron corroborados mediante observaciones directas en el lugar durante las campañas oceanográficas. A partir de los pronósticos de marea, se calculó la corriente generada por este fenómeno astronómico.

Caracterización hidrodinámica

La dinámica del lóbulo occidental de la Bahía de Luperón está gobernada por factores tanto de carácter regional como local, que como resultado de una compleja interacción determinan los patrones de circulación del agua y el intercambio de masa y energía con el océano. Por esta razón, para describir con mayor exactitud la dinámica de la bahía se consideraron cuatro tipos de corrientes: a) corrientes asociadas a los cambios del nivel del mar por las mareas, b) corrientes generadas por el oleaje de aguas abiertas, c) corrientes generadas por el oleaje local y d) corrientes debidas a la transferencia de la energía del viento.

Corrientes de marea

Para predecir la magnitud y dirección de las corrientes de marea se utilizó el Modelo Numérico Espacialmente Integrado para Canales Hidráulicos (ACES, 1992)[1] . No se consideraron los aportes de agua dulce de la Cañada La Alhorrada por ser irrelevantes en comparación con los volúmenes de intercambio de agua que se producen a través del canal. Para la aplicación y ajuste del modelo se consideraron cinco tipos de datos de entrada: a) datos generales que describen la configuración del sistema y datos temporales, b) geometría del canal, descrita a partir de sus secciones transversales y su localización en forma tabular, c) condiciones de frontera en aguas abiertas (fundamentalmente las variaciones del nivel del mar a partir de las predicciones tabuladas de los constituyentes armónicos de la marea), d) condiciones de frontera en la bahía (área y factor de forma), excepto los ingresos adicionales de agua dulce provenientes de la cañada y e) localización de los sitios para el cálculo de la velocidad de la corriente y la descarga resultante de la simulación. Como convenio para definir los parámetros de la simulación, el canal se dividió en celdas discretas en forma de una rejilla de flujo formada por canales y secciones transversales (Fig. 2.3).

La geometría del canal y las condiciones de frontera de la bahía se determinaron sobre la carta RD 131 a escala 1: 10 000, verificando los datos con mediciones georeferenciadas de la profundidad. Las variaciones del nivel del mar debidas a la marea se seleccionaron de las predicciones del programa TIDES desarrollado por Nautical Software Inc., utilizando los datos de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) y el CHS (Canadian Hydrographic Service).

---

[1] Método numérico diseñado para casos en que los niveles del agua fluctúan uniformemente a través de la bahía y el volumen de agua almacenado en el canal (entre la marea alta y baja) es despreciable comparado con el prisma de agua que se mueve a través del canal y es almacenado en la bahía, consideraciones válidas para el lóbulo occidental de la Bahía de Luperón.

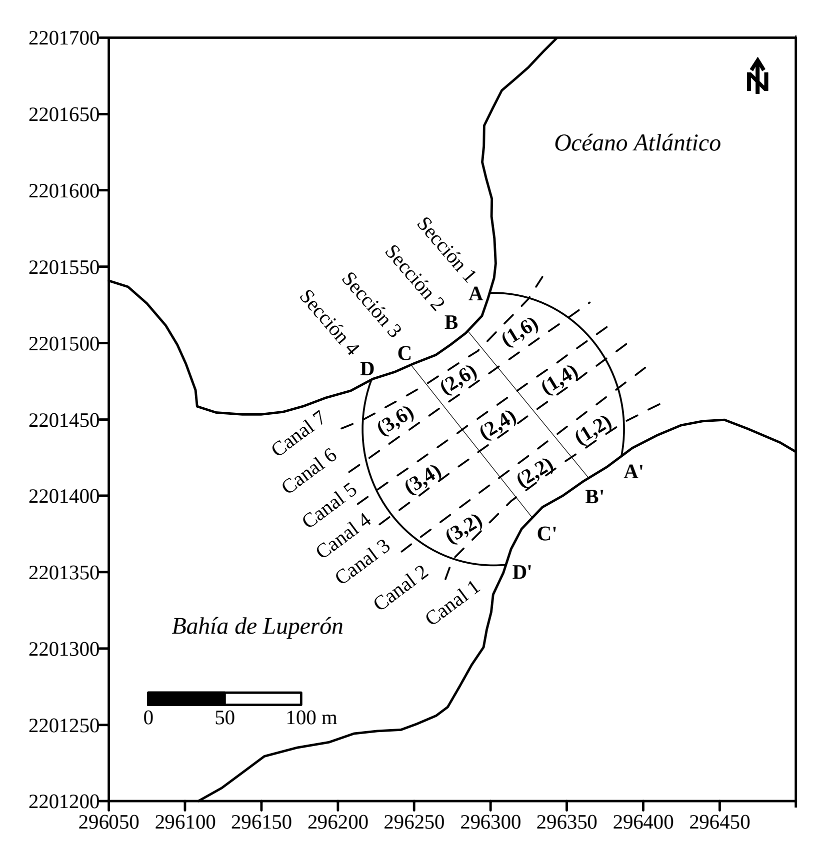


Figura 2.3. Secciones y canales para el cálculo de la velocidad de las corrientes de marea en la boca del lóbulo occidental de la Bahía de Luperón.

Se consideraron siete canales de flujo (Fig. 2.3) y cuatro secciones transversales (Fig. 2.4), con coeficientes de pérdida por flujo y reflujo de 4.0000 y 1.0000, respectivamente, valores de C_1 y C_2 de 0.037770 y 0.000667, respectivamente y un área estimada para la bahía de 735,569.55 m^2. Además, se consideraron tres condiciones: a) llenante tipo (flujo máximo), b) vaciante tipo (reflujo máximo) y c) día promedio (flujo y reflujo habitual), tomando como fechas de comienzo: diciembre 5, noviembre 6 y agosto 5 del 2002, respectivamente. En todos los casos la hora de comienzo de la simulación fue las 12:00 a.m., el paso de tiempo de 60 segundos, la longitud de la simulación de 24 horas y el intervalo de tiempo tabular de salida de 30 minutos (Fig. 2.5).

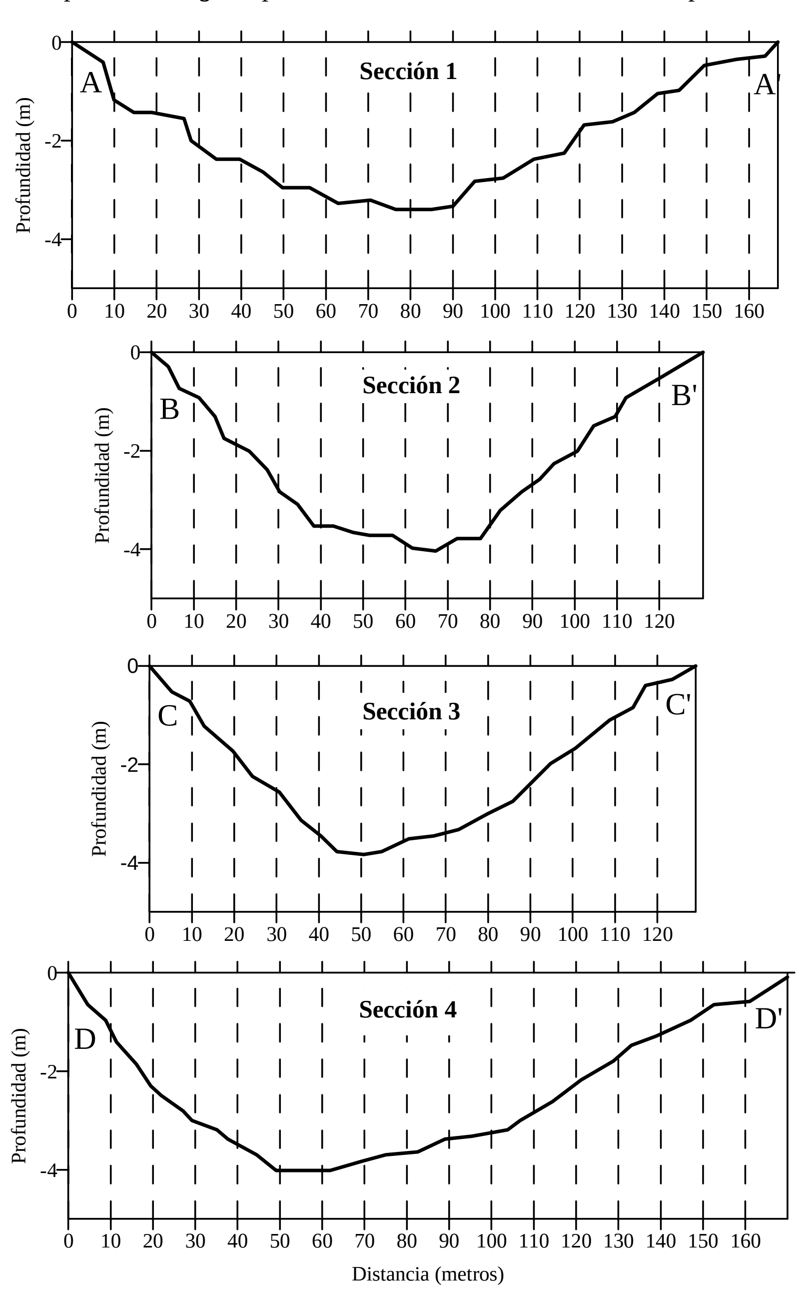


Figura 2.4. Secciones para el cálculo de la velocidad de las corrientes de marea en la boca del lóbulo occidental de la Bahía de Luperón.

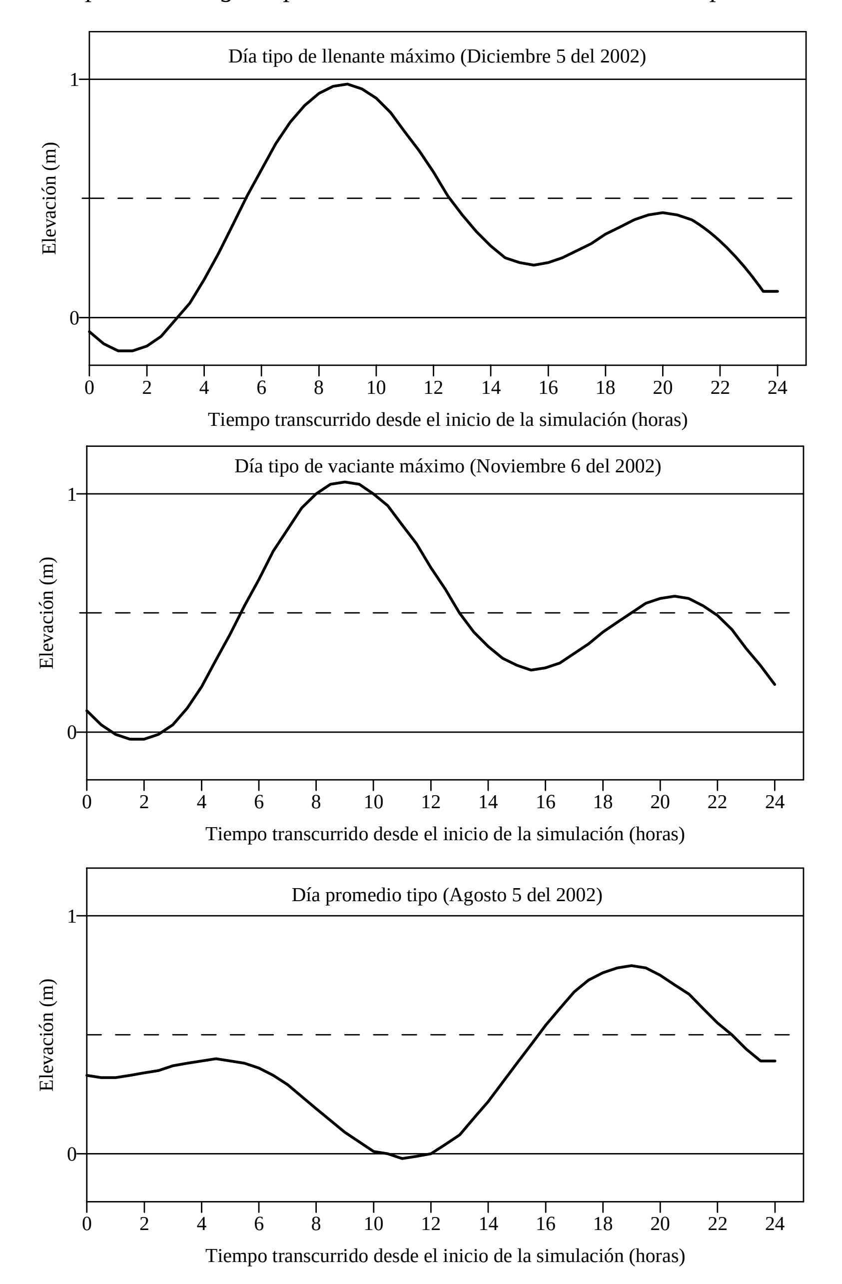


Figura 2.5. Días tipo para el cálculo de la velocidad de las corrientes de marea en la boca del lóbulo occidental de la Bahía de Luperón.

Corrientes generadas por el oleaje de aguas abiertas

En la caracterización inicial del oleaje en aguas abiertas se utilizaron las estadísticas del Global Wave Statistics, reportadas para el Área 33 de la región del Atlántico, que resumen el comportamiento a largo término del oleaje a partir de una descripción direccional completa del período y la altura de las olas, en términos de probabilidad de no excedencia. También incluyen un resumen estacional del oleaje por rumbos, en el que se considera tanto el oleaje de tipo *Sea* como *Swell*, entendiéndose por *Sea* el oleaje provocado por el viento local y *Swell*, a las olas formadas a grandes distancias y que al llegar al área de interés ya no están bajo la influencia del viento que las originó.

Dado que en aguas someras las olas sufren una serie de transformaciones en sus principales características (como altura y dirección de propagación), para evaluar la incidencia efectiva del oleaje oceánico en el interior de la bahía se realizó una simulación matemática a escala general de la transformación de las ondas. Para los cálculos se empleó una rejilla de profundidades generada a partir de la interpolación de los datos batimétricos con el programa SURFER versión 8.0 de la Golden Software Inc.

Sobre la matriz de profundidades interpoladas se realizó la simulación de la propagación de las olas empleando el programa REFDIF 10 desarrollado en el Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEPYC) del Ministerio de Obras Públicas y Transporte de España, que considera los efectos de disipación de energía, fricción de fondo, ruptura del oleaje, interacción con las corrientes y oleaje irregular. Como resultado se presentan los planos de isoagitación (líneas de igual altura de ola) y frentes de onda para condiciones habituales y extremas.

Se prestó atención especial a la penetración de la energía por la boca de la bahía y su posible influencia sobre el área interior. Conociendo las principales características de las olas que son capaces de penetrar en el lóbulo occidental de la bahía, se estimó también la velocidad del transporte de masa superficial. Para ello,

se utilizaron las formulaciones derivadas de la teoría de oleaje de segundo orden de Stokes para ondas de amplitud finita.

Corrientes generadas por el oleaje local

Además de evaluar el papel del oleaje oceánico, también se hizo un análisis detallado de la formación de olas en el interior de la propia bahía. Para los cálculos se empleó el método propuesto en el ACES (1992), desarrollado por el Departamento de la Armada del Centro de Investigaciones de Ingeniería Costera de los Estados Unidos y que mejora el procedimiento descrito en el SPM (1984).

Utilizando los datos de vientos de la Estación Climática de La Unión, en Puerto Plata, se calculó el viento equivalente a 10 metros de elevación bajo condiciones de estabilidad neutral y coeficiente de arrastre (C_D) constante. Teniendo en cuenta las particularidades de la bahía, para la simulación se consideró un fetch restringido por una geometría compleja y en las ecuaciones de crecimiento de la ola se consideraron profundidades someras incluyendo el efecto de la fricción del fondo, según ACES (1992).

La definición de las condiciones de contorno para determinar el fetch en el interior de la bahía, se realizaron de acuerdo a los convenios propuestos en el ACES (1992). Para la determinación del fetch efectivo se utilizó la carta RD 131 a escala 1:10 000. Los pronósticos de oleaje se ajustaron con observaciones de la altura y el período de la ola en el lugar y simultáneamente con las observaciones se realizaron mediciones de la velocidad y dirección del viento local. Finalmente, al igual que para el caso del oleaje de aguas profundas, también se estimó la velocidad del transporte de masa superficial empleando la teoría de oleaje de segundo orden de Stokes para ondas de amplitud finita.

Corrientes debidas a la transferencia de la energía del viento

Además de las corrientes generadas por el oleaje, se consideró el movimiento de la capa superficial del agua como resultado de la transferencia de energía en la superficie de contacto entre la

atmósfera y el océano. Este movimiento de masa se produce en la misma dirección del viento y con una ligera desviación hacia la derecha de la dirección de movimiento en el Hemisferio Norte, como consecuencia de la fuerza de Coriolis. En la estimación de estas corrientes se utilizaron los criterios propuestos por el SPM (1984), sustentados en experimentos de laboratorio y mediciones de campo. Según los resultados presentados por la mayoría de estos autores, la velocidad de la capa de agua superficial alcanza un movimiento equivalente al 2 ó 3 % de la velocidad del viento. Para los cálculos se utilizaron los datos de viento de la Estación Climática de La Unión, en Puerto Plata.

Luego de evaluar las corrientes generadas por cada una de las fuerzas que actúan en la bahía, se definió el sistema dinámico general. Para verificar los resultados de la modelación y conocer el comportamiento de la corriente real se realizaron experimentos con cuerpos de deriva. Los flotadores fueron diseñados de manera que ofrecieran una resistencia mínima al viento para que su movimiento estuviera controlado solamente por la masa de agua. Los cuerpos fueron lanzados desde una pequeña embarcación bajo diferentes condiciones de marea, viento, oleaje y distancias de la costa.

La velocidad y dirección de desplazamiento se registró con un GPS Magellan 315, a intervalos de tiempo regulares y simultáneamente se midió la velocidad y dirección del viento, además de apreciar visualmente la altura de las olas (Tabla 2.1) con referencia a la Escala de Beaufort. Los resultados de las mediciones directas de la velocidad y dirección de las corrientes sirvieron de base para las simulaciones, según los modelos de ACES (1992).

Oceanografía química y calidad del agua

Se efectuaron dos campañas oceanográficas con el interés de obtener un panorama de la situación hidroquímica general y de calidad de agua de la bahía y la zona costera y marina inmediata, durante dos fases del ciclo de marea. La primera campaña se realizó el día 5 de agosto de 2002, abarcando desde las 7.15 a. m. hasta las 10.16 a. m., coincidiendo con el vaciante de la marea.

Tabla 2.1. Datos de los experimentos con cuerpos de deriva realizados en diferentes condiciones de marea y vientos, como parte del estudio del patrón de corrientes en la descripción ambiental de la Bahía de Luperón. Condición relativa del viento (V): A. Ausente, M: Moderado, F. Fuerte. Situación de la marea (Ma): B: Bajamar, P. Pleamar. La dirección del viento fue siempre E-NE.

Día/Mes	Inicio	Final	UTM E	UTM N	Ma	V
5/8	7:26 a.m.	9:58 a.m.	295083	2201086	B	A-M
5/26	7:45 a.m.	8:29 a.m.	295461	2201293	P	M
9/16	9:00 a.m.	10:46 a.m.	296180	2201496	P	M
9/16	9:27 a.m.	10:55 a.m.	296321	2201562	P	M
9/ 16	9:27 a.m.	10:54 a.m.	296321	2201562	P	M
9/ 17	4:36 p.m.	6:03 p.m.	296330	2201521	P	M- F
9/ 17	4:36 p.m.	5:59 p.m.	296330	2201521	P	M- F
9/ 17	4:36 p.m.	6:02 p.m.	296330	2201521	P	M- F
9/ 17	4:36 p.m.	6:01 p.m.	296330	2201521	P	M- F
9/ 17	4:36 p.m.	6:01 p.m.	296330	2201521	P	M- F
11/ 1	7:28 a.m.	7:50 a.m.	295112	2201102	B	A-M
11/ 1	7:28 a.m.	7:50 a.m.	295112	2201102	B	A-M
11/ 1	7:57 a.m.	8:38 a.m.	295285	2201204	B	A-M
11/ 1	7:57 a.m.	8:38 a.m.	295285	2201204	B	A-M
11/ 1	8:43 a.m.	9:19 a.m.	295721	2201361	B	A-M
11/ 1	8:43 a.m.	9:19 a.m.	295721	2201361	B	A-M
11/ 1	9:23 a.m.	9:51 a.m.	296037	2201366	B	A-M
11/ 1	9:23 a.m.	9:51 a.m.	296037	2201366	B	A-M
11/ 1	10:02 a.m.	11:39 a.m.	296401	2201598	B	A-M

La segunda campaña oceanográfica se realizó el día 16 de septiembre de 2002, abarcando desde las 7.15 a. m. hasta las 10.16 a. m., coincidiendo con el llenante de la marea. En ambas campañas, se muestrearon once estaciones fijas georeferenciadas (Fig. 2.2), donde se realizaron mediciones de varios parámetros, según se describe seguidamente.

La transparencia del agua se estimó por el método del Disco Secchi; la temperatura se midió con un termómetro oceanográfico con precisión de 0.1°C, tras la aclimatación del equipo en la muestra de agua; la salinidad se determinó por el método

de titulación de Mohr-Knudsen y el oxígeno disuelto (OD) se determinó por el Método Iodométrico de Winkler con la modificación de la Azida Sódica. La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) se estimó por la diferencia de los valores de OD en muestras incubadas en oscuridad, durante cinco días a temperatura ambiente (entre 27 y 30°C) en frascos herméticos.

Empleando cintas para calidad de agua (“water quality test strips”) de la HACH (2001) se evaluaron las concentraciones superficiales de los siguientes nutrientes, cuyos intervalos de variación se indican entre paréntesis: nitrógeno de nitrito (0, 0.15, 0.3, 1, 1.5 y 3 mg/l), nitrógeno de nitrato (0, 1, 2, 5, 10, 20 y 50 mg/l), nitrógeno de amonio (0, 0.25, 0.5, 1, 3 y 6 mg/l) y fósforo de fosfatos (0, 5, 15, 30 y 50 mg/l). Cualitativamente, a través de su olor o por la presencia de películas oleosas en la superficie del agua, se evaluó la contaminación por hidrocarburos, aplicando para ello los criterios de estándares narrativos propuestos por Herrera y Betancourt (2003).

En algunas estaciones se tomaron muestras de agua superficial para análisis de aceites y grasas, que fueron realizados en el Laboratorio de la Universidad INTEC. Como marco normativo para comparar los valores obtenidos de los diferentes parámetros físicos y químicos se emplearon los estándares para aguas costeras de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARN, 2001).

CARACTERIZACIÓN BIÓTICA

DEFINICIÓN Y CARTOGRAFÍA DE ECOSISTEMAS

Para la definición de ecosistemas y ambientes terrestres, costeros y marinos se consideraron los resultados de todos los muestreos ecológicos que suministraron información sobre: a) su ubicación, extensión y características físicas, b) su distribución espacial, c) la interrelación de sus asociaciones bióticas, d) su estructura y composición específica -cualitativa y cuantitativa y e) la presencia de algunas especies características.

Estas observaciones fueron complementadas y/o precisadas con las fotos aéreas disponibles, cartas náuticas y mapas topográficos. Todas las estaciones de colecta y sitios de observación fueron georeferenciadas utilizando un GPS (Sistema de Posicionamiento Global) MAGELLAN-315 y quedaron referidas al sistema de coordenadas Universales Transversas de Mercator (UTM), NAD-27 para la región del Caribe. A partir de los datos de UTM se elaboró un mapa de ecosistemas y ambientes -con sus correspondientes zonas ecológicas- tanto de la zona terrestre estudiada como de todo el lóbulo occidental de la Bahía de Luperón. Esta cartografía temática se realizó con el Programa SURFER 8 de la Golden Software Inc. y la misma sirvió de apoyo tanto a la caracterización del ambiente biótico como a las valoraciones acerca de la situación de los mismos.

FLORA Y FAUNA TERRESTRES

Se delimitaron todos los ecosistemas y ambientes terrestres presentes en el área seleccionada y en cada uno de ellos se realizó un inventario exhaustivo de la flora, la herpetofauna (anfibios, lagartos y reptiles) y la avifauna. Se consideraron estos dos últimos grupos por su relevancia en este tipo de ambientes y su valor bioindicativo para caracterizar –directa o indirectamente- la situación ecológica global.

Para el inventario de la flora se hicieron transectos longitudinales de 4 m de ancho en toda el área terrestre de estudio. En particular, para evaluar la vegetación ribereña asociada a la Cañada La Alhorrada se recorrieron unos 500 m aproximadamente a lo largo de su curso, hasta la desembocadura en la Bahía de Luperón. En esos transectos se anotaron y/o colectaron todas las especies de plantas vasculares presentes. Para hacer más completo el inventario florístico se incluyeron en éste todas las especies observadas fuera del área de muestreo efectivo que no estuvieran registradas en el mismo. La mayor parte de las plantas fueron identificadas en el propio terreno. Otras fueron colectadas y clasificadas taxonómicamente mediante las claves publicadas por Liogier (1985; 1995; 1996) y Rodríguez (1998).

Los nombres comunes utilizados corresponden, en lo posible, a las denominaciones que las plantas reciben en la zona, de acuerdo a Peguero y Clase (2002) y al Diccionario Botánico de Nombres Vulgares de La Española (Liogier, 2000). Algunos criterios de distribución corresponden a Hager y Zanoni (1993). La información botánica fue organizada en una tabla que presenta alfabéticamente las familias, géneros y especies; los nombres comunes, los tipos biológicos, el estatus biogeográfico y el ambiente donde la especie fue observada.

En la colecta de datos de la herpetofauna se realizaron varios viajes de muestreo en los cuales se efectuaron recorridos diurnos y nocturnos a lo largo de cada tipo de ecosistema, identificando *in situ* todas las especies y anotando el número de individuos observados durante el trayecto. Algunas identificaciones fueron verificadas con la guía de campo de Henderson *et al.* (1984). También se realizaron consultas con algunos moradores locales sobre algunas especies factibles de estar presentes, pero difíciles de visualizar con el método de recorridos.

En el inventario de la avifauna se usó la técnica de censo de búsqueda intensiva (Ralph *et al*., 1994). Se recorrió el área de interés, tratando de penetrar en los lugares que se consideraron importantes y preferidos por alguna especie en particular. Para las especies acuáticas, que buscan su alimento en espacios abiertos formando grandes grupos, se identificaron los comederos y luego se utilizó la técnica de observación fija para anotar y escuchar todas las especies presentes.

Para las observaciones de los individuos se usaron binoculares marca Cannon, 7 x 35 modelo WP- 75° y observaciones directas. El trabajo tuvo una duración de dos días, y una noche, desde la 07:00 hasta la 22:00 horas. Para estimar la abundancia relativa se asumió la categoría de especies comunes para aquellas que se hallaron representadas con más de cinco individuos, y especies raras a las que se encontraron cinco o menos individuos. Para la clasificación de las especies se consultó el AOU (1998). Colateralmente, a través de entrevistas al azar, se colectó

información sobre la historia de la ornitofauna en el lugar, algunas especies en particular y los posibles impactos a los que han sido sometidas dichas especies.

FLORA Y FAUNA COSTERA Y MARINA

Se definieron todos los ecosistemas costeros y marinos presentes en el lóbulo occidental de la Bahía de Luperón. La zona costera del borde de la bahía y parte de su área costera externa fue evaluada mediante recorridos paralelos a la costa, tratando de cubrir la mayor parte del área de interés. Durante las observaciones y el muestreo ecológico se describieron las características físicas de los ecosistemas costeros, su extensión, así como las especies dominantes de la flora y la fauna. En el ecosistema de manglar las observaciones incluyeron la flora y la fauna, tanto del suelo del manglar como de sus raíces.

En la zona marina, la región del estudio comprendió el lóbulo Oeste, desde el interior de la bahía hasta la zona costera externa, donde se ubicaron once estaciones básicas, tratando de cubrir la mayor extensión posible (Fig. 2.2). Alrededor de cada una de las estaciones se realizaron observaciones y muestreos ecológicos cualitativos mediante buceo con snorkel –libres o con el método de remolque- en un radio de al menos 50 m; y desde la embarcación en un radio de al menos 500 m. Esto último fue posible solo a partir de la Estación 8, pues la gran turbidez en el interior de la bahía impidió la observación de los cambios del fondo desde la propia embarcación y limitó en ocasiones el buceo directo. Por ello, fue necesario recurrir al método de rastreo para colectar los organismos del fondo, empleando una rastra manual y tamices con malla de 1 mm.

Todos estos métodos permitieron establecer los límites aproximados de los diferentes ecosistemas y ambientes marinos y describir sus características físicas como el tipo de sustrato (macrovegetación, fondos mixtos, arena o roca) y su extensión, las especies dominantes del macrofitobentos y el macrobentos de epifauna y su grado relativo de abundancia, dominancia o cobertura.

En particular, en la Estación 10 se realizó una campaña de buceo profundo con SCUBA en el borde de la plataforma, donde se evaluó la composición cualitativa de la fauna y flora macrobentónica, su abundancia y cobertura, así como la influencia de las aguas de la bahía sobre las condiciones ecológicas y ambientales de la pendiente arrecifal. El recorrido abarcó las Coordenadas UTM 296290 E/ 2202393 N y 296284 E/ 2202393 N, que comprende una profundidad desde 5 a 30 m.

Los grupos taxonómicos involucrados en los muestreos litorales y sublitorales fueron básicamente fanerógamas, macroalgas, esponjas, celenterados, equinodermos, crustáceos, moluscos y peces. La mayor parte de los ejemplares fueron identificados *in situ*, aunque en los casos dudosos se realizaron colectas para identificación en el laboratorio y las muestras fueron preservadas con formol al 10% neutralizado. Para la identificación de los diferentes grupos taxonómicos se emplearon claves, guías de campo o monografías sobre fanerógamas marinas (Den Hartog, 1970), algas (Wynne, 1998; Littler y Littler, 2000; Betancourt y Herrera, 2001a), esponjas (Hooper, 1995), octocoralios (Bayer, 1961), corales (Zlatarski y Martínez-Estalella, 1982; Humann, 1993), anémonas (Correa, 1964; Herrera y Betancourt, 2002), moluscos (Warmke y Abbot, 1962), equinodermos (Hendler *et al.*, 1995) y peces (Eschmeyer, 1998; FishBase, 2002).

Especies amenazadas

Con el interés de brindar criterios acerca del posible grado de vulnerabilidad o amenaza de cualquiera de las especies reportadas para la región, las listas de flora y fauna obtenidas en los inventarios de la biodiversidad terrestre, costera y marina fueron confrontadas con las listas establecidas por Convenciones Internacionales, que definen algún grado de amenaza o vulnerabilidad a nivel mundial. Para tal fin, se consultaron los Apéndices de la Convención para el Comercio Internacional de Especies de la Flora y la Fauna (CITES, 2003) y la Lista Roja de especies de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (UICN, 2003).

PESCA LOCAL

Se obtuvo información histórica sobre la situación del sector pesquero en Luperón a través de los trabajos de Fisheries Development Limited (1980) y Colom *et al*. (1994), la cual fue complementada y actualizada durante el presente estudio a través de encuestas grupales o con informantes claves y talleres con la Asociación de Pescadores de Luperón. Desde el punto de vista pesquero, la información obtenida concierne a: sitios de desembarco, aspectos económicos, áreas de pesca, métodos y artes de pesca y recursos pesqueros. Para éstos últimos, se realizaron muestreos en los sitios de desembarco, donde las capturas fueron identificadas en lo posible al nivel de especie (anotándose también los nombres comunes locales) y subdivididas según su pertenencia al complejo ecológico fluvial/lagunar, del litoral estuarino, arrecifes coralinos o aguas oceánicas.

Tomado de: Betancourt Liliana y Alejandro Herrera-Moreno 2004. Apuntes ecológicos para la conservación de un Área Protegida: Bahía de Luperón. Universidad INTEC/ Programa EcoMar, Inc., Editora Búho, 140 pp.

3. MARCO AMBIENTAL FÍSICO-QUÍMICO

CLIMA

Precipitación y temperatura

El clima en la región de estudio es seco sub-tropical influido por las características orográficas y la incidencia de la componente Noroeste de los vientos Alisios. Estas condiciones generan una estacionalidad de las precipitaciones -con temporadas lluviosas y secas- asociadas a la variabilidad de los vientos y a la actividad de convergencia tropical.

La precipitación promedio alcanza valores anuales de 1,221.5 mm de lámina de lluvia, con una distribución durante el año que varía entre los 37.1 mm en el mes de junio a 213.0 mm en el mes de diciembre. La época seca comprende de junio a septiembre, mientras que la húmeda abarca de octubre a mayo, con mayor concentración de la precipitación en los meses de noviembre y diciembre (Fig. 3.1), extendida ligeramente hacia enero.

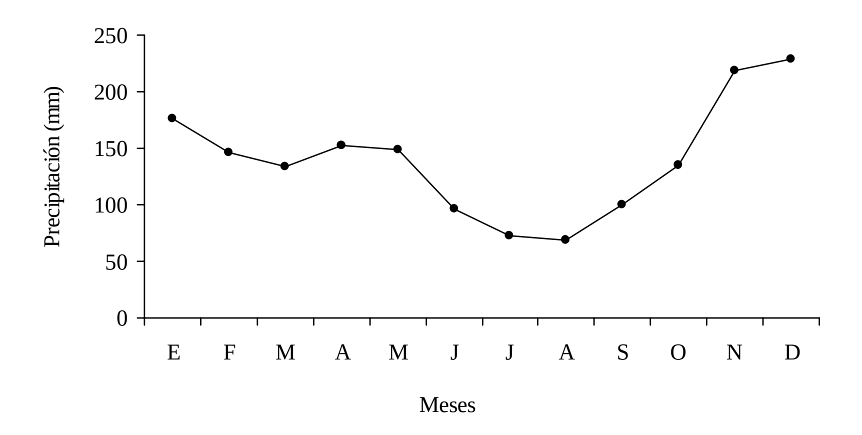


Figura 3.1. Variación estacional de los valores mensuales promedios de la precipitación en la Estación Termo-pluviométrica de Luperón.

El promedio anual de temperatura para la región de estudio es de 25.75 °C, con un valor máximo promedio de 31.06 °C y mínimo de 20.37 °C (Fig. 3.2). La temperatura promedio más elevada se registra en el mes de agosto (27.5 °C) y la menor en el mes de enero (23.5 °C), lo que ofrece un intervalo de variación de 4 °C para el área estudiada.

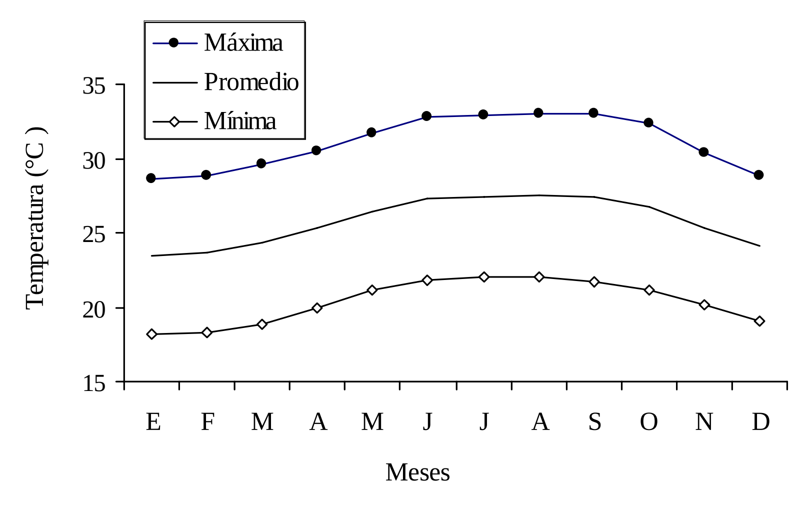


Figura 3.2. Variación estacional de los valores de la temperatura máxima, promedio y mínima para la Estación Termo-pluviométrica de Luperón.

Balance de humedad

Con la información correspondiente a la precipitación promedio mensual, temperatura promedio, máxima y mínima, horas de sol y radiación solar de la Estación Termo-pluviométrica de Luperón, se procedió a realizar un balance de humedad en el área de estudio a fin de determinar los déficits mensuales. A partir de los valores de estos parámetros se estimó un valor promedio para la evapotranspiración potencial, del cual se calcularon los volúmenes de agua utilizables por las plantas para las diferentes épocas del año. El balance resultante arrojó como producto un déficit de agua durante casi todos los meses del año, con valores que varían entre -22.6 y -291.0 y solo en los meses de noviembre y diciembre se hallaron valores positivos, coincidentes con los máximos de precipitaciones (Tabla 3.1).

Tabla 3.1. Valores de la Evapotranspiración (EVTP), el Balance de Humedad (BH) y de los parámetros involucrados en el cálculo. Las letras indican: RG: Radiación Global, NMHS: Número máximo de horas de sol, T. Temperatura y PP. Precipitación.

Parámetro	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
RG (cal/cm²/día)	642	732	834	902	930	934	930	902	843	755	656	610
NMHS (hrs)	11.1	11.4	12.0	12.6	13.1	13.3	13.2	12.8	12.3	11.7	11.2	10.9
T. media (°C)	23.50	23.70	24.30	25.30	26.40	27.30	27.40	27.50	27.40	26.80	25.30	24.10
T máxima (°C)	28.60	28.90	29.60	30.50	31.70	32.80	32.90	33.00	33.00	32.40	30.40	28.90
T. mínima (°C)	18.20	18.30	18.80	20.00	21.10	21.80	22.00	22.00	21.70	21.20	20.20	19.10
PP (mm)	202.6	155.5	134.5	159.5	151.9	72.8	77.5	87.7	88.2	146.8	297.3	309.0
EVTP (mm)	225.2	260.8	300.2	326.3	346.3	363.8	362.9	355.8	336.8	296.9	240.1	213.3
BH	-22.6	-105.3	-165.7	-166.8	-194.4	-291.0	-285.5	-268.1	-248.7	-150.1	57.2	95.7

Vientos

De las Estaciones Climáticas localizadas en la zona de estudio, la única que cuenta con registros de velocidad de viento es la ubicada en el Aeropuerto La Unión, de Puerto Plata. Los registros arrojan valores de velocidad de viento que varían entre los 54.7 km/h a 0.6 km/h con un valor promedio multianual de 7.6 km/h. Del análisis de permanencia realizado a los valores diarios registrados desde 1977 hasta el 2000 se estima que la velocidad del viento, para el 95% de la probabilidad de ocurrencia, asciende a 3.63 km/h, es decir 0.98 m/s. La dirección más frecuente es la del Este (Tabla 3.2).

Tabla 3.2. Frecuencia de las diferentes direcciones del viento para 273 observaciones de la Estación Climática de La Unión y distribución de las observaciones según clases de velocidad del viento en km/h. NOB. Número de observaciones.

		Clases de frecuencia de velocidad del viento (km/h)					
Dirección	Porcentajes	0 a 5	5 a10	10-15	15-20	20-25	NOB
E	74.7	8	101	77	14	4	204
ENE	7.0	1	6	10	2	0	19
ESE	4.4	0	5	7	0	0	12
N	1.5	0	2	0	2	0	4
NE	1.1	0	3	0	0	0	3
SE	11.0	1	21	7	1	0	30
SSE	0.4	0	1	0	0	0	1
Total	100.0	10	139	101	19	4	273

La variación diurna de los vientos en la bahía muestra una tendencia estable de calmas en las primeras horas de la mañana y últimas de la tarde, así como máximos hacia el mediodía, manteniéndose predominantemente la componente del Este (Tabla 3.3). Los valores varían de 1 a 5 en la Escala de Beaufort y solo cuando se analizan los valores extremos se reportan brisas fuertes en la Escala de 6, siempre hacia el final de la mañana e inicio de la tarde (Van Sant, 1996). Este patrón se solapa diariamente con el flujo de la marea para influir decisivamente en la dirección y velocidad predominante de la corriente asociada a los cambios en el nivel del mar.

Tabla 3.3. Variación diurna promedio de los vientos en la Bahía de Luperón referidos a la Escala de Beaufort (según datos de Van Sant, 1996). NB. Número de Beaufort. V. Velocidad en nudos. A. Aire. B. Brisa.

NB/Categoría[1]	V	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
0/Calma	<1	X										X
1/A. suave	1 a 3		X								X	X
2/B. leve	4 a 6		X	X						X	X	
3/B. ligera	7 a 10				X	X				X	X	
4/B. media	11 a 16					X	X		X	X		
5/B. fresca	17 a 21						X	X	X			
6/B. fuerte[2]	22 a 27											

[1] Según la Organización Meteorológica Mundial. [2] La brisa fuerte solo se reporta en el intervalo de valores extremos con una posibilidad de ocurrencia entre las 11:00 a.m. y las 2:00 p.m.

Cambio climático

El hecho reconocido que el incremento del nivel del mar es uno de los impactos ciertos del calentamiento global, hace necesario que consideremos la situación ambiental de la región de la Bahía de Luperón en relación con las variaciones de temperaturas esperadas y los posibles cambios en el régimen de precipitaciones y el nivel del mar pronosticados para la República Dominicana. Como hemos comentado, el promedio anual de temperatura del aire para la región de estudio es de 25.75 °C, por lo que de acuerdo a los modelos de Limia (2001) los incrementos que se esperan suponen un aumento en poco más de 1 °C en el año 2010 pero de 3 °C en el año 2100, lo cual tendría su reflejo en un aumento en la temperatura promedio del agua de la bahía (Tabla 3.4). Esta situación podría ser incluso más drástica en sus valores máximos. Por otra parte, considerando los pronósticos de Herrera y Betancourt (2001) para un escenario moderado[1] la elevación del nivel del mar esperada para la Bahía de Luperón estaría en el orden de 4.73 cm en el año 2010, pero podrían ser tan altos como unos 60 cm hacia el 2100.

---

[1] IS92-a. Escenario intermedio que provoca una elevación del nivel del mar de 55.19 cm, para el 2100 (aerosoles constantes), sustentado en una sensibilidad intermedia del clima (T = 2.5°C), un escenario de emisiones intermedio y parámetros de derretimiento intermedios (ver IPCC, 1990).

Tabla 3.4. Incrementos esperados del nivel del mar (cm) por encima del actual y valores de la temperatura promedio del aire y el agua (°C) en la Bahía de Luperón, para un escenario climático moderado (según Limia, 2001; Herrera y Betancourt, 2001).

	Años			
Indicador	2010	2030	2050	2100
Nivel del mar	4.73	12.33	22.75	55.19
Temperatura del aire	26.92	27.32	27.82	28.82
Temperatura del agua	26.84	27.19	27.54	28.39

Finalmente, en relación con las precipitaciones Planos (2001) explica que en la región tendrá lugar un cambio estructural que intensificará la transición de las zonas más húmedas a las más secas y una ampliación de las zonas del país históricamente más secas.

Eventos meteorológicos extremos

La climatología de la región indica que la Isla se encuentra sobre una de las trayectorias preferidas de los ciclones tropicales de la cuenca del Atlántico Norte, de modo que está amenazada anualmente por tormentas tropicales y huracanes. La Bahía de Luperón no escapa a la posible influencia de estos eventos pero presenta las características de las bahías de la costa Norte dominicana (que las hace más seguras que las de la costa Sur) que nunca reciben de frente el embate de los ciclones y huracanes, los cuales penetran al territorio nacional preferentemente por la costa Sur o Sureste.

Tenemos entonces que la afectación a la región de Luperón por eventos meteorológicos extremos vendrá dada solo por los ciclones que abandonen el país por la región Noroeste –situación de baja probabilidad en la cronología nacional de los ciclones. Aún así, en tales casos el efecto se manifiesta fundamentalmente en las fuertes lluvias, pues la fuerza destructiva de los vientos se ve atenuada por la presencia de la Cordillera Central que juega un papel amortiguador. Ello convierte a la Bahía de Luperón en un refugio tan seguro que desde 1930 ningún velero ha recibido daños por estos eventos (Barlett, 2002).

De acuerdo con los reportes del Global Wave Statistics, la región costera-oceánica de Luperón puede verse afectada por olas con altura superior a 4 metros y período de 11 segundos durante huracanes u otros eventos meteorológicos extremos. Sin embargo, al penetrar a la bahía estas olas apenas alcanzan 30 centímetros de altura y generan corrientes muy bajas del orden de 30 cm/minuto. Ello confiere igualmente a la región condiciones de especial protección, ya no solo de los vientos, sino también del oleaje extremo asociado a las tormentas.

GEOMORFOLOGÍA

Por tratarse de parte del sistema orográfico del Noroeste, la región terrestre estudiada se caracteriza por cambios notables en altura con variaciones que alcanzan hasta los 40 msnm, en la cima de la elevación. Esta variabilidad es clara cuando analizamos la topografía a través de perfiles. Así, en un perfil Sur-Norte, atravesando la región desde la ladera Sur hasta el pie de la montaña al Norte (Fig. 3.3 Arriba), se observa que en una longitud de unos 350 m, tras un ascenso de pendiente moderada de 0.27 se alcanza el máximo de altura (35 msnm).

Posteriormente ocurre un descenso paulatino, con una pendiente más abrupta de aproximadamente 0.41, la cual se va reduciendo al llegar casi al pie de la montaña, donde alcanza 0.03, terminando en el camino que atraviesa el manglar por su parte trasera. Este tipo de perfil tipifica la topografía de la región terrestre estudiada en su sentido Sur-Norte caracterizado por elevaciones hacia su costado sureño y descensos hacia su costado Norte, donde finalmente termina en el manglar y la parte marina de la Bahía de Luperón.

En un perfil Sureste-Noroeste (Fig. 3.3. Abajo) los cambios topográficos son aún mayores, pues en una longitud de aproximadamente 350 m se observan una mayor variabilidad de las pendientes. El perfil comienza con un ascenso con pendiente moderada de 0.31, tras el cual se alcanza la altura máxima de unos 35 msnm que se mantiene por unos 50 a 60 m formando una meseta. Tras esta planicie, la pendiente se hace más abrupta con

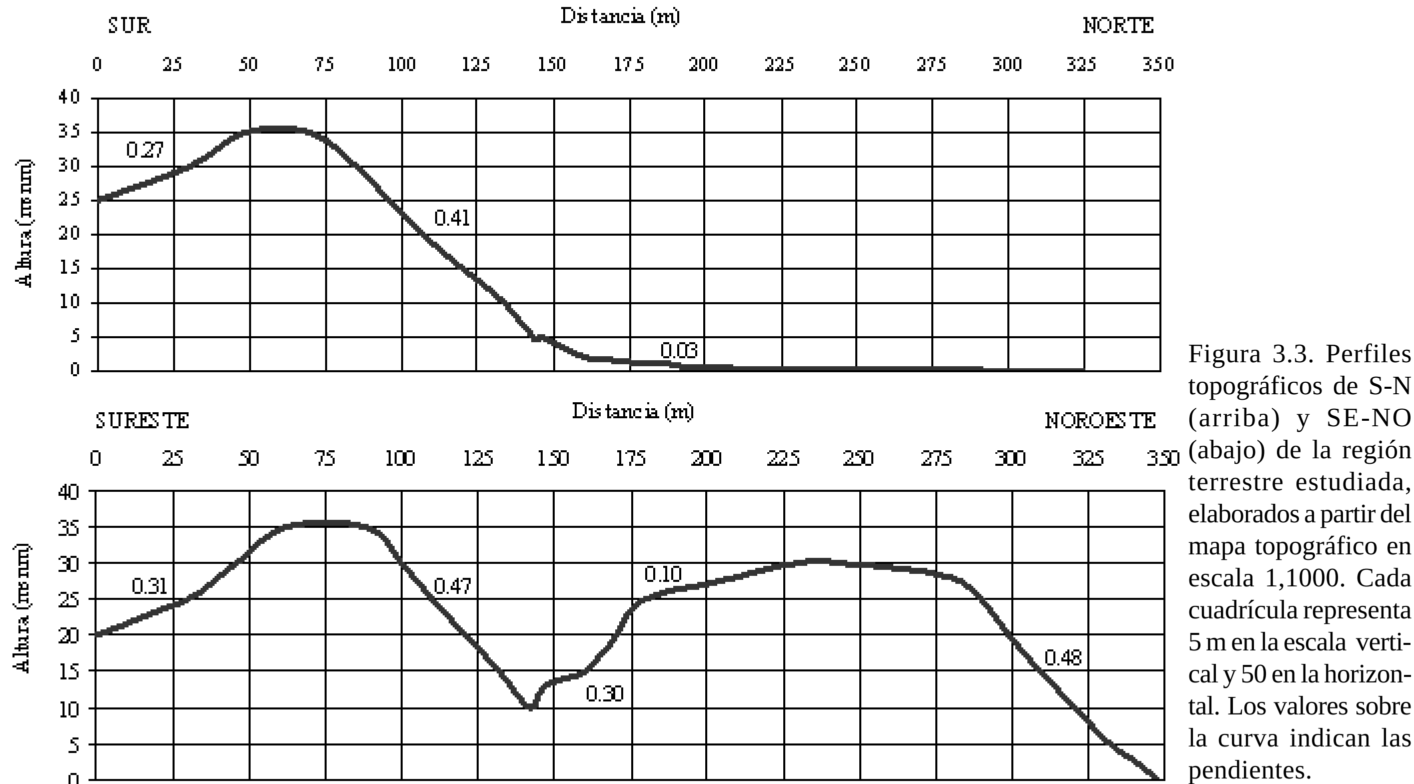


Figura 3.3. Perfiles topográficos de S-N (arriba) y SE-NO (abajo) de la región terrestre estudiada, elaborados a partir del mapa topográfico en escala 1,1000. Cada cuadrícula representa 5 m en la escala vertical y 50 en la horizontal. Los valores sobre la curva indican las pendientes.

un valor de 0.47 y desciende hasta la cota de 10 m, que marca el centro de la depresión que caracteriza el sistema topográfico de la zona terrestre de estudio.

A partir de esta depresión la pendiente es moderada (0.10) hasta llegar nuevamente a una cima de entre 20 a 25 msnm que igualmente se presenta como una planicie de unos 100 m de ancho, que desciende nuevamente con valores de pendiente de 0.48. Este tipo de perfil tipifica la topografía de la región en su sentido Sureste-Noroeste, caracterizado por una curva bimodal representativa de la elevación de mayor altura al Sureste (hacia tierra) y la elevación de menor altura al Noroeste (hacia el mar). En el centro de ambas existe una depresión que se mantiene a lo largo del eje Suroeste-Noreste de la parcela del proyecto, formando una hondonada que funge como cuenca de drenaje en época lluviosa, según discutiremos en el apartado de hidrología. Esta depresión tiene como área final de drenaje el salado que se encuentra al Noreste.

La Fig. 3.4 resume los resultados del Modelo Topográfico Digital (MTD) de la región terrestre estudiada y muestra, en tres dimensiones, las principales características geomorfológicas descritas. Como puede verse, la región se presenta como una elevación con una de altura máxima de unos 40 msnm. El modelo demuestra claramente la presencia de la depresión que conduce las aguas de escorrentía pluvial hacia la región Noreste más baja, donde se ha formado el actual salado, aunque cierto escurrimiento debe tener lugar también en el camino estrecho que bordea toda la montaña en su base Norte, por detrás del manglar costero.

SUELOS

Desde el punto de vista de la taxonomía de suelos, los de la región terrestre estudiada se identifican de manera general como entisoles, definidos como suelos donde no se desarrolla un horizonte subsuperficial muy evolucionado, la capa vegetal es poco profunda y en algunas ocasiones la naturaleza del material parental impide su rápido desarrollo (SEA/SURENA, 1985).

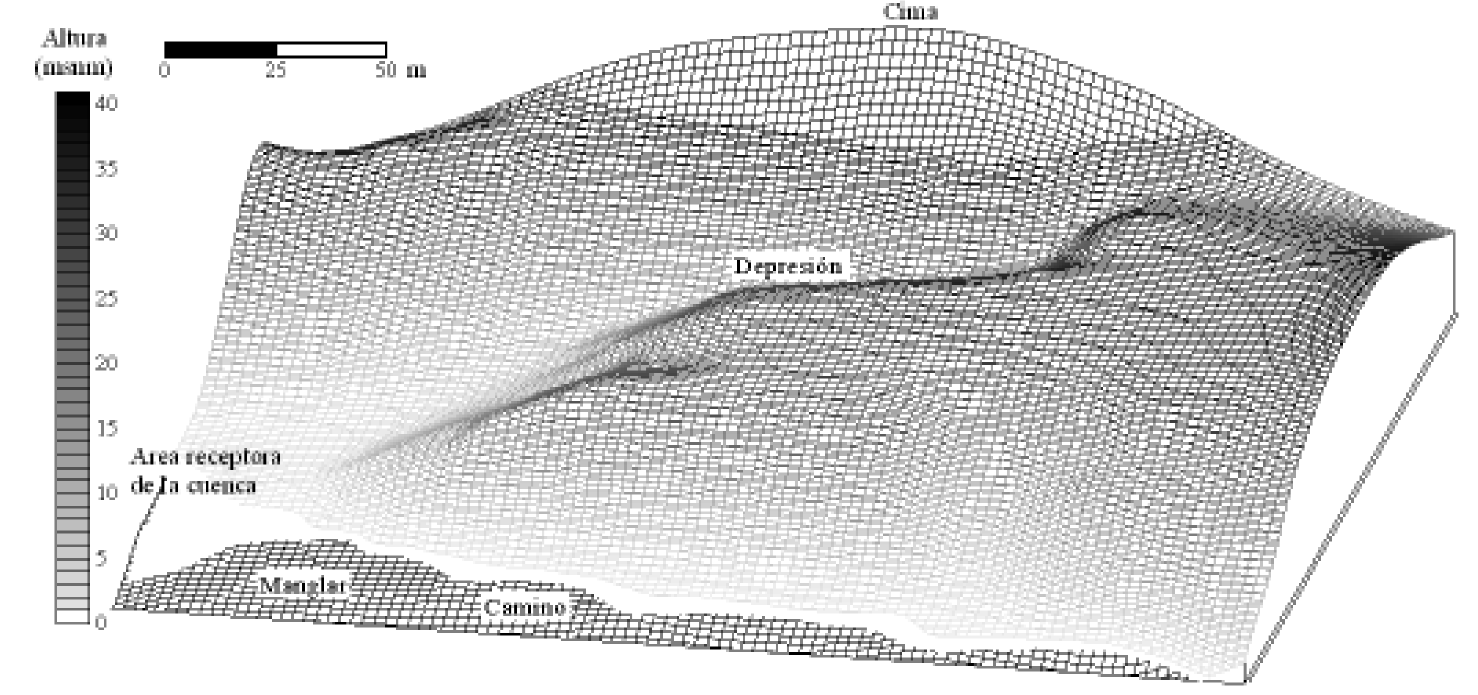


Figura 3.4. Modelo Topográfico Digital (MTD) de la región terrestre estudiada.

La caracterización particular de los suelos de la región terrestre estudiada (de la Rosa, 2002) mostró el predominio de suelos arcillosos hacia la cima de la montaña, donde se encontró un material de relleno no degradable con arcilla arenosa amarilla. Estas áreas de mayor altura (35 a 40 msnm), sin pendiente, han sido las más usadas tradicionalmente para todo tipo de construcciones (viviendas y caminos) y el uso agrícola, lo cual unido a la fuerte deforestación ha dado lugar a suelos empobrecidos, donde la capa vegetal está prácticamente ausente, a lo cual han contribuido también la erosión del viento y la lluvia. Ello hace que los mismos carezcan de valor actual desde el punto de vista productivo.

Hacia las laderas de la montaña, en alturas entre 15 a 25 msnm, donde las fuertes pendientes limitan el uso del terreno y se mantiene parte de la vegetación, la capa superior del suelo sí presenta una capa vegetal de hasta 30 cm. Ya en el camino al pie de la montaña y hacia el salado los suelos han sido clasificados como material de relleno degradable con mezcla de arcilla de color amarillo y trazos de capa vegetal, con cierto incremento de la fracción arenosa hacia los suelos más cercanos al manglar.

Según de la Rosa (2002), el análisis por horizontes en diferentes puntos de la región terrestre estudiada revela una interesante estructura estratigráfica que varía en relación con la altitud y la historia de uso de los suelos (Tabla 3.5). En la cima de las elevaciones predominaron en todos los niveles del subsuelo las arcillas con mayor componente de arena hasta el estrato de 0.7 m, a partir del cual se incrementa la componente de grava hasta unos 4 m de profundidad, donde se encontró el estrato de mayor resistencia a la penetración. En las laderas de la montaña existen variaciones locales según su ubicación y pendiente pero, de manera general, se mantuvo en la profundidad la componente arcillosa con variaciones entre arcilla inorgánica a arcilla gravosa de color marrón, hasta la capa de mayor resistencia que se halló entre 3.5 a 4 m. En el camino al pie de la montaña el perfil estratigráfico mostró, desde sus primeros horizontes, una mezcla de arcilla con limo arenoso que se va tornando más inorgánico en los estratos más profundos hasta unos 4 m donde aparece la capa de máxima resistencia.

Tabla 3.5. Características de los diferentes horizontes del suelo observados en la evaluación geológica del área terrestre incluida en el presente estudio (según datos de la Rosa, 2002). Las letras indican: AAA. Arcilla arenosa amarilla, AGA. Arcilla gravosa amarilla, CV. Capa vegetal, AAGM. Arcilla areno-gravosa marrón, AIM. Arcilla inorgánica amarilla, MAA. Mezcla de arcilla amarilla, AIG. Arcilla inorgánica gris, LAA. Limo arenoso amarillo, AGG. Arcilla gravosa gris.

Ubicación	Cima	Ladera	Ladera	Camino	Salado
Altura (msnm):	35	25	15	2.5	0.5
	AAA	CV	CV	MAA	MAA
	AAA	CV	AIM	LAA	MAA
	AGA	AAGM	AIM	AGG	AIG
	AGA	AAGM	AIM	AIG	AIG
	AGA	AAGM		AIG	AIG
	AGA			AIG	AIG
					AIG

Por su parte, el salado muestra una mezcla de arcilla amarilla en sus estratos más superficiales y gris inorgánica en los más profundos, denotando la influencia que sobre este ambiente tiene el aporte de la montaña a través de la lluvia y de los manglares en el reflujo de la marea.

HIDROLOGÍA

Características generales de la cuenca

Los cauces principales identificados en el área estudiada son la Cañada La Alhorrada y su afluente, que atraviesa la Ciudad de Luperón (Fig. 2.1). La Cañada La Alhorrada en época de estiaje solo conduce los aportes directos o indirectos de las descargas domiciliarias. Aguas arriba, a la altura del puente frente al Cementerio, observamos la presencia de algún aporte de aguas subterráneas debido al aumento notorio del volumen conducido con respecto a los puntos anteriores.

En cambio, la cañada que atraviesa la Ciudad de Luperón conduce prácticamente solo las aguas de desecho de la ciudad. Otra característica importante de ambas cañadas son los desbordamientos en épocas de lluvia (que son causa de inundaciones) producto de dos razones básicas. Primero, los caudales aportados por las áreas de las cuencas de ambas cañadas resultan relativamente grandes con respecto a las secciones transversales de ambos cauces, lo cual unido a lo accidentado del terreno da como resultado caudales de consideración.

Segundo, la obstrucción de las cañadas con la construcción de obras de cruce con altura insuficiente, unido a la dispersión de desechos sólidos que en algunos puntos del cauce reducen el flujo, traen como consecuencia el represamiento de los caudales conducidos en época de lluvia, lo que contribuye a su desbordamiento y las consecuentes inundaciones de las áreas circundantes.

Se puede observar que la cañada que cruza la Ciudad de Luperón se encuentra soterrada en gran parte de su recorrido, sin registros de inspección. Esto aumenta las posibilidades de desbordamientos aguas arriba del punto de entrada al tramo soterrado, al no poseer éste la capacidad suficiente para conducir los caudales aportados. Por otra parte, en el área terrestre de estudio no se observó ningún curso de agua superficial. La misma se caracteriza por poseer un desarrollo geomorfológico de colinas conectadas por vaguadas (definidas como las líneas que marcan la parte más honda de un valle) que van a verter a las partes más bajas de la cuenca y de ahí a la Bahía de Luperón. Este patrón de drenaje permite una salida rápida de la cuenca debido a las pendientes del terreno, donde la ausencia o escasez de vegetación han provocado áreas erosionables, sobre todo en las partes más expuestas (Fig. 3.4).

Calidad de agua

Al comparar los resultados de los análisis de agua en la Cañada La Alhorrada (Tabla 3.6) con los estándares para cuerpos hídricos superficiales y aguas costeras de SEMARN (2001) en sus Clases E y F[1], se observa que algunos parámetros sobrepasan las normas

nacionales. Los valores de coliformes totales en la cañada, con 24,000 NMP/100 ml, son muy superiores a la norma que plantea valores permisibles de 1,000 y 10,000 NMP/100 ml para sus Clases E y F, respectivamente. Los valores máximos de coliformes fecales en la cañada, con 730 NMP/100 ml, también son superiores a la norma con valores permisibles de 400 y 2,000 NMP/100 ml, para sus Clases E y F, respectivamente. Además, en la cañada se reporta la presencia de *Pseudomonas.*

En lo referente a los nutrientes, el amonio sobrepasó la norma en la Estación 13, donde además los valores de fosfatos son elevados y muy cercanos a la norma. De hecho, si consideramos el estándar de CEES (2002) para el fosfato, los valores de la Cañada La Alhorrada son indicativos de aguas de calidad moderada. Los valores de nitrato se mantuvieron por debajo de la norma dominicana pero se debe aclarar que la misma da un margen muy amplio a este parámetro, pues según CEES (2002) los valores encontrados son decididamente altos e indicativos de aguas de baja calidad. Estos valores están reflejando ante todo una contaminación orgánica.

Los valores bajos de la Demanda Química de Oxígeno revelan que no existe una contaminación por elementos inorgánicos; y la no detección de aceites y grasas revela igualmente que la contaminación por hidrocarburos -que caracteriza otras áreas de la bahía- no se presenta en la cañada, donde existe siempre cierto flujo de agua durante el ciclo de la marea. Precisamente la entrada del agua marina es responsable de los valores de conductividad eléctrica, cloruros y sodio obtenidos en ambos puntos de muestreo (Tabla 3.6). Estos difieren mucho entre sí, poniendo de manifiesto el flujo ascendente de agua, de mayor salinidad, de la Bahía de Luperón en el cauce de la Cañada La Alhorrada, el cual pudo observarse hasta aguas arriba de la confluencia con la otra cañada, a unos 200 m aproximadamente de la desembocadura.

---

[1] Clase E. Aguas costeras destinadas a la conservación de recursos naturales como mangles, zonas de reproducción y nutrición de organismos marinos, áreas para acuacultura marina, pesca comercial y deportes acuáticos con contacto directo con el agua. Clase F. Aguas costeras destinadas a deportes acuáticos que no conllevan contacto directo con el agua (ver SEMARN, 2001).

Tabla. 3.6. Resultados de los análisis químicos realizados en dos estaciones de la Cañada La Alhorrada. STS. Sólidos Totales Suspendidos, STD. Sólidos Totales Disueltos. DQO. Demanda Química de Oxígeno.

Parámetros	Unidad	Estación 12	Estación 13
Conductividad eléctrica	(µS/cm)	32,600.00	1,829.00
pH	-	7.60	7.70
Sulfatos (SO_4^-)	mg/l	865.40	108.70
Fosfatos (PO_4^-)	mg/l	0.38	0.34
Nitratos (NO_3^-)	mg/l	5.28	2.20
Nitritos (NO_2^-)	mg/l	0.0198	0.0330
Amonio (NH_4^-)	mg/l	0.2095	0.9798
Sodio (Na^+)	mg/l	6,059.47	223.23
Calcio (Ca^+)	mg/l	233.30	50.50
Magnesio (Mg^+)	mg/l	577.49	71.44
Carbonato (HCO_3^-)	mg/l	317.30	646.81
Cloro (Cl^-)	mg/l	9,950.11	187.88
STD	mg/l	19,416.00	1,073.00
Alcalinidad	mg/l	260.00	530.0
STS	mg/l	0.5163	0.0838
Coliformes totales	NMP/100ml	24000.00	24000.00
Coliformes fecales	NMP/100ml	360.00	730.00
Pseudomonas	-	Presentes	Presentes
DQO	mg/l	N/D	N/D
Aceites y grasas	mg/l	N/D	N/D

La situación de los nutrientes refleja de manera clara la carga orgánica que presenta la Cañada La Alhorrada, la cual constituye un aporte de contaminación importante a la Bahía de Luperón, a lo cual se suma un importante efecto de turbidez y sedimentación reflejado en los valores de los sólidos totales disueltos (STD) y sedimentables (STS) que se observan en la Tabla 3.6.

Las observaciones realizadas en el campo y los resultados de las muestras analizadas evidencian un grave problema de contaminación en la Ciudad de Luperón, ya que tanto la Cañada La Alhorrada como su afluente principal se comportan como los colectores principales de un alcantarillado sanitario a cielo abierto, conduciendo las descargas de las aguas residuales directamente a la bahía en

detrimento de la calidad del agua, la estética del paisaje y la supervivencia de la biota acuática. Por otra parte, estas cañadas se convierten en vehículo para la transmisión de enfermedades infecto-contagiosas de origen hídrico.

Aguas subterráneas

De acuerdo con el Mapa Hidrogeológico realizado por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI) y la Agencia de Cooperación Técnica Alemana (GTZ) en 1989, se define que el área de estudio pertenece a la Formación La Isabela, constituida por sedimentos clásticos no consolidados o consolidados, con la presencia de acuíferos locales encontrados en capas finas o lentes arenosos, o acuíferos continuos de extensión restringida o de difícil explotación, tanto libres como confinados. La calidad química de las aguas es generalmente buena, con excepción de zonas costeras y cercanas a lagunas salobres, aunque la región puede considerarse de poca importancia hidrogeológica.

El nivel freático es bastante alto y varía entre 1 a 8 m, a consecuencia de la formación de colinas y la cercanía del mar. Durante las actividades de campo se pudo constatar la existencia de un único pozo de abastecimiento de agua a partir del acuífero de la zona, el cual fue construido a mano y presenta una profundidad de unos 3 m, aproximadamente. Este pozo se opera con una bomba de eje horizontal de 1 hp colocada en la superficie, lo que indica que el nivel freático de la zona es relativamente alto.

Análisis de crecida

Los resultados del análisis de crecida se presentan en la Tabla 3.7, donde se puede apreciar tanto los valores de precipitación como de caudales para diferentes períodos de retorno. De acuerdo con los resultados del análisis, los caudales conducidos por la Cañada La Alhorrada y su afluente en época de crecida son significativos en contraposición a la época seca, durante la cual el mayor aporte conducido por las mismas corresponde a las aguas de desecho de origen domiciliario del pueblo de Luperón a su paso por el mismo.

Tabla. 3.7. Estimación de los caudales de crecida para diferentes períodos de retorno en tres regiones del área de interés. AC. Área de la cuenca (km^2); LC. Longitud del cauce (km); PR. Período de retorno (años); PM24. Precipitación máxima en 24 horas (mm); CC. Caudal de crecida (m^3/s).

Cauce	AC	LC	PR	PM24	CC
Depresión en la zona terrestre estudiada	7.05	4.74	25	235.86	119.55
			50	285.38	145.65
			100	341.21	172.72
Afluente de La Cañada La Alhorrada	1.53	2.44	25	235.86	40.45
			50	285.38	48.70
			100	341.21	56.73
Cañada La Alhorrada	0.036	0.37	25	235.86	1.03
			50	285.38	1.24
			100	341.21	1.45

Estos resultados fueron confirmados por los pobladores locales que nos informaron que en época de lluvia suelen verificarse desbordamientos de las cañadas por la insuficiente capacidad de conducción de las mismas en comparación con los caudales registrados. Estos desbordamientos provocan inundaciones dentro del pueblo, cuyas dimensiones son incrementadas por la existencia de obras de paso sobre las cañadas, que por sus limitadas dimensiones funcionan como diques o represas dificultando el paso de los caudales de crecida a través de las secciones de las cañadas.

Por otra parte, en la depresión principal del área terrestre estudiada, a través de la cual se desplazan las lluvias hacia las partes más bajas de la cuenca, se observan altos valores de su caudal de crecida (Tabla 3.7) en época lluviosa, lo cual explica su potencial erosivo sobre los terrenos elevados deforestados que caracterizan gran parte de la zona terrestre que rodea la Bahía de Luperón.

Geología y geomorfología costera y marina

La costa Norte de la República Dominicana se caracteriza por presentar un complejo mosaico de formaciones geológicas aunque

predominan las costas abrasivas que se alternan con depósitos sedimentarios del Cuaternario. Muchos de estos depósitos han sido originados por la descarga de sedimentos sueltos arrastrados por los ríos o se han formado por la sedimentación de materiales biogénico-marinos que han dado lugar a la formación de excelentes playas arenosas. La Bahía de Luperón se inserta en este mosaico geológico.

De forma general, la bahía se encuentra en un área donde dominan las calizas arrecifales dentríticas y las margas con intercalaciones de bancos delgados de caliza arenosa. Las calizas arrecifales dentríticas ocupan fundamentalmente la parte más próxima a la costa, mientras que las margas se presentan en una amplia extensión de la parte posterior de la bahía. La escasa elevación del territorio, unido a la existencia en épocas pasadas de importantes corrientes fluviales que desembocaban en la bahía, determinó la formación de depósitos fluviales aterrazados que actualmente ocupan toda la parte posterior de la bahía.

La costa del lóbulo occidental de la Bahía de Luperón está enmarcada por dos formaciones geológicas bien diferenciadas: hacia el interior los depósitos de terrazas fluviales, mientras que hacia la margen Norte existen margas que datan del Mioceno medio a superior. El contacto entre estas formaciones geológicas se encuentra muy cerca de la Cañada La Alhorrada. Como es típico de las zonas bajas sedimentarias, la costa está ocupada casi totalmente por manglares.

Batimetría

El lóbulo occidental de la Bahía de Luperón tiene una profundidad promedio en su parte interior de 3.5 m, con un máximo de 6.4 m y un mínimo de 0.6 m, descontando algunas áreas marginales, donde producto de los procesos de acumulación la profundidad actual es prácticamente cero. Hacia la salida de la bahía, la profundidad se mantiene aún baja, con valores que varían desde 0.5 m hacia los bordes y hasta 5 m en su parte central. La isobata de 5 m sale fuera de la bahía y recorre la zona costera hacia el Oeste y Este,

desde donde va teniendo lugar un incremento paulatino de la profundidad asociado, en algunas zonas, a fuertes pendientes que llegan hasta los 50 m de profundidad, a unos 500 m de la entrada de la bahía.

El Modelo Batimétrico Digital (MBD) en su vista de Suroeste-Noreste (Fig. 3.5), donde se tiene mayor detalle de la bahía en su conjunto, muestra el contraste batimétrico entre ambos lóbulos de la bahía y el área costera-oceánica externa, así como que el lóbulo oriental es decididamente mucho más somero. El lóbulo occidental presenta, asimismo, ciertas variaciones batimétricas de menor escala asociadas a áreas de sedimentación o modificadas por los frecuentes dragados, además de áreas someras cerca de las orillas relacionadas con el intenso aporte de sedimentos de los manglares. El cambio drástico de profundidad hacia la entrada de la bahía que da lugar a un profundo y marcado cañón submarino es muy obvio, así como que su configuración en forma de embudo facilita la acumulación de los sedimentos provenientes del interior de la bahía, en la pendiente arrecifal.

Por otra parte, si se observa el Modelo Batimétrico Digital en una vista Noreste-Suroeste, donde se tiene mayor detalle de la zona costera y el cañón de entrada (Fig. 3.6) de la bahía, es claro gráficamente el papel del cañón submarino como receptor de los sedimentos finos exportados por la bahía. Además, se observa la estrechez de la plataforma insular, pues a una corta distancia de la costa hay un aumento brusco de la profundidad y se puede encontrar ya la pendiente arrecifal.

SEDIMENTOLOGÍA MARINA

El análisis granulométrico de las muestras de la Estación 1 (Fig. 3.7), al NO del muelle de Luperón (una de las zonas más protegidas y por consiguiente, de menor energía), revela que más del 85 % del material está constituido por limos y arcillas con un diámetro inferior a 0.074 mm. Este tipo de partículas solo son estables en ambientes donde la velocidad de la corriente en el fondo es prácticamente nula, lo que reafirma la naturaleza semi-estancada de este sector

Figura 3.5. Modelo Batimétrico Digital de la Bahía de Luperón y el área costera adyacente. Vista Suroeste-Noreste.

0 250 500 750 1000

20
0
-20

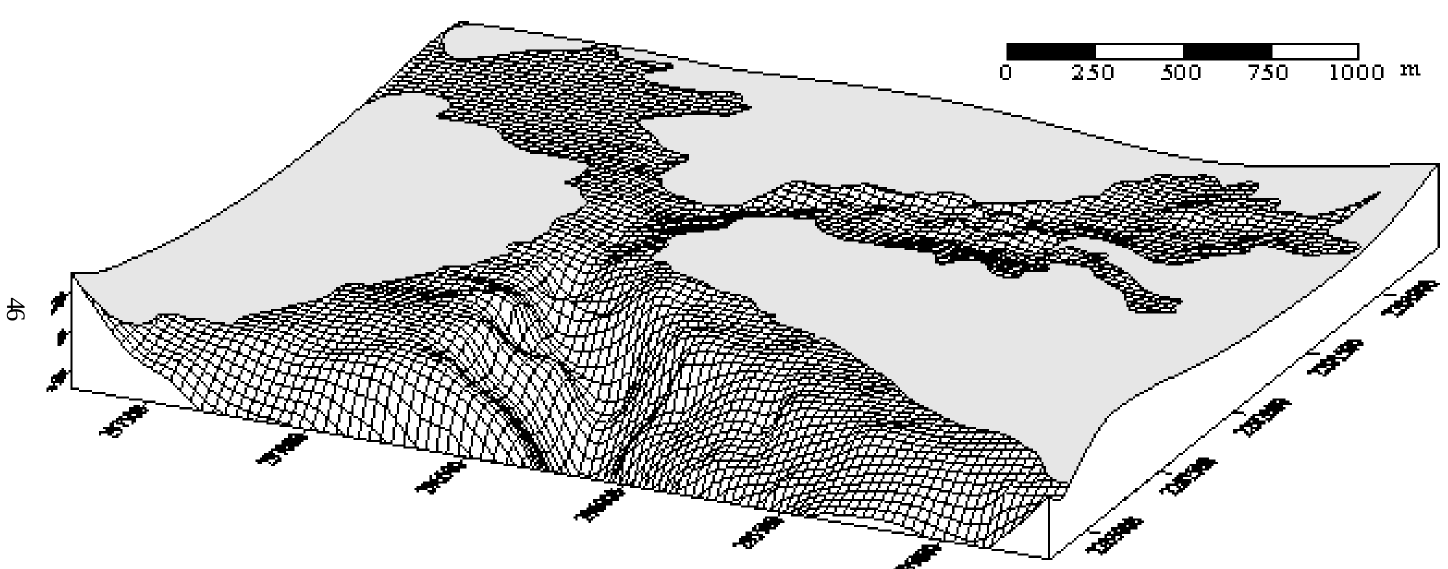
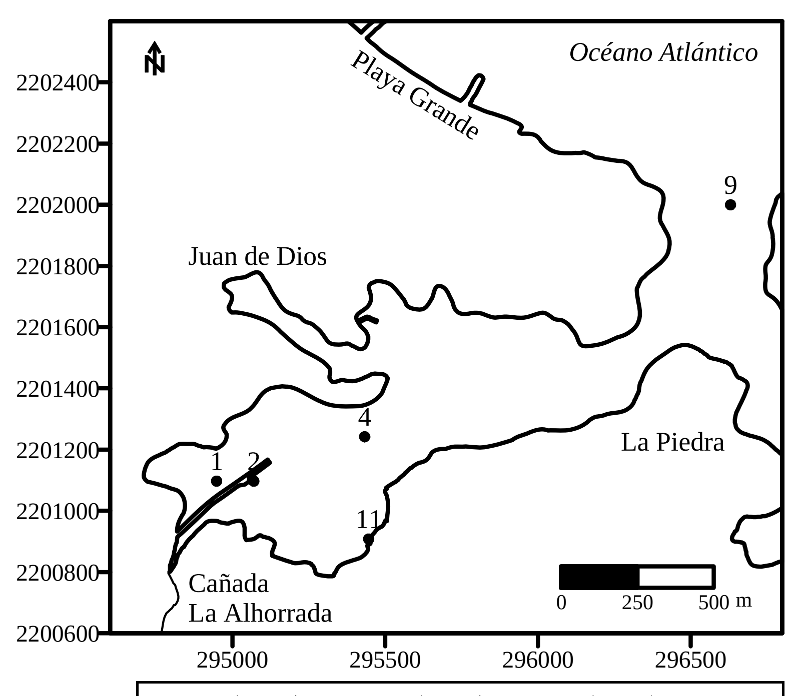


Figura 3.6. Modelo Batimétrico Digital de la Bahía de Luperón y el área costera adyacente. Vista Noreste-Suroeste.

limitado en su circulación, debido a la construcción del muelle. En esta muestra, la fracción de arenas apenas supera el 12% y la de gravas, menos del 2%; esta última representada por restos de moluscos de las comunidades locales, fundamentalmente bivalvos. Las muestras tomadas cerca de la desembocadura de la Cañada La Alhorrada (Estación 2) presentaron un ligero aumento en el diámetro medio de sus sedimentos (0.13 mm), clasificables como arena fina, lo que indica que la mayor parte de los materiales menos finos han sido aportados por la cañada. La ausencia de sedimentos gruesos demuestra que la energía de esta corriente fluvial es pobre y los ingresos actuales están limitados a fracciones sedimentarias finas que se mueven en suspensión y esporádicamente por arrastre.

Fig. 3.7. Estaciones donde se realizaron los análisis granulométricos. Se indica al pie del mapa el tipo de sedimentos (L. Limo, A. Arena, F. Fina, M. Media, G. Gruesa) y el diámetro medio de partículas (mm) por estación.



Est. 1: L (0.029), Est. 2: AF (0.130), Est. 4: L (0.025), Est. 9: AG-AM (0.630), Est. 11: L (0.025) y Est. Playa: AG-AM (0.0690).

La composición granulométrica de las muestras en la cercanía de la cañada es muy similar a la de la Estación 11 (Fig. 3.7), donde existe un predominio casi absoluto de las arcillas y los limos con más del 95%, las arenas apenas alcanzan el 3% y prácticamente no hay gravas. También en esta muestra se encontraron pequeños restos de moluscos y un contenido elevado de materia orgánica procedente del manglar. Hacia la parte central de la bahía (Estación 4), el predominio de las fracciones finas es aún mayor. Del total de la muestra, el 98% de los materiales tenían un diámetro inferior a 0.074 mm y no existía una fracción de grava formada por restos de moluscos, como en las muestras más cercanas a la orilla.

Fuera de la Bahía de Luperón se observa un cambio muy significativo en todas las características de los materiales sedimentarios en relación con el área fangosa interior. El primer elemento que se destaca es un aumento del diámetro medio de las partículas, como ocurre en la Estación 9, casi a la salida de la bahía (Fig. 3.7), cuyos sedimentos poseen un diámetro medio de 0.63 mm, lo cual los clasifica en las categorías de arena media a arena gruesa. La fracción predominante está entre 1.0 y 0.5 mm y en ella se destacan componentes de carácter muy diverso. El tránsito del predominio de sedimentos fangosos a arenosos caracteriza el cambio del sustrato particulado del interior al exterior de la bahía.

Por una parte, existe un material sedimentario predominantemente de color oscuro procedente del interior de la bahía, pero también se observa una gran cantidad de fragmentos con tonalidades crema claro de origen biogénico marino. La mayoría de estos fragmentos son restos de moluscos y algas calcáreas que han sido transportados y modificados por la acción de las olas. La confluencia de materiales de origen heterogéneo y depositados por la acción de corrientes, también diversas, le imprimen a esta muestra una serie de particularidades. Por ejemplo, el valor de la desviación estándar ($\sigma = 1.26\ \phi$) indica que la muestra no se encuentra bien agrupada alrededor de la media. Hacia los diámetros mayores están los restos de algas y moluscos de origen marino, mientras que hacia las fracciones más finas se agrupan los fragmentos terrígenos que escapan de la bahía.

Esta muestra presenta asimetría negativa (S_K= -0.19), lo cual indica un ligero predominio de las fracciones más gruesas sobre las finas. En una muestra complementaria, tomada al Norte de la Estación 9 se observó una influencia mucho menor de los sedimentos de la bahía. La mayor parte de esta muestra se agrupa en el intervalo de fracciones de 0.5 a 0.25 mm, más fina como promedio (0.41 mm) que la muestra de la Estación 9 (0.63 mm), pero en todas las fracciones se observa un predominio de materiales claros de origen biogénico carbonatado.

Además de las muestras tomadas en el interior de la bahía y la zona sublitoral de la plataforma próxima, también se colectaron sedimentos en la región de playa (Fig. 3.7), particularmente en Playa Grande ubicada al Noroeste de la boca de la bahía, con el fin de evaluar las características de los sedimentos en las áreas costeras acumulativas bajo la posible influencia de la bahía. Desde el punto de vista sedimentológico, esta playa es uno de los elementos de mayor atractivo turístico y paisajístico en la región. La playa está compuesta fundamentalmente por sedimentos de origen marino de color crema claro. El diámetro medio del material es de 0.69 mm y queda clasificado como arena media a gruesa. Se destaca como una particularidad de esta muestra su buena clasificación (σ = 0.42 ϕ), o sea que los sedimentos están muy bien agrupados alrededor del valor central. La buena clasificación de la muestra está relacionada con la energía de las olas responsables de la movilización, transporte y deposición de estos materiales. En la playa las fracciones más estables están entre 1.0 y 0.5 mm, mientras que las fracciones más finas son lavadas fácilmente.

En resumen, el Sistema Costero al que pertenece la Bahía de Luperón tiene un patrón de distribución de sedimentos típico de áreas bajas con escasa energía. En los sitios interiores y por consiguiente más protegidos quedan estabilizados sedimentos muy finos clasificados como limos y arcillas, a los que se incorporan algunas fracciones gruesas originadas en los alrededores, principalmente asociadas con el ecosistema de manglar, donde juega un papel importante el aporte de los sedimentos de algas calcáreas del género *Halimeda*.

Al acercarnos a la entrada de la bahía, donde la energía de las corrientes es mayor, comienza un proceso de mezcla de materiales y empiezan a aparecer fragmentos de origen marino. En la boca de la bahía y en el área de plataforma próxima es que se produce la mayor mezcla con una gradación determinada por el balance de las corrientes hacia el mar y al interior de la bahía. Esta gradación es clara al comparar las muestras de la zona costera, en las que se observa en dirección al mar una sensible disminución de los materiales terrígenos finos y un incremento significativo de las fracciones arenosas de origen biogénico-carbonatado.

En cuanto a la playa, la influencia de los materiales producidos en la bahía es mínima y está formada por sedimentos procedentes del área de plataforma próxima y que han llegado al lugar por el efecto de las olas y las corrientes. Ello garantiza la calidad paisajística y estética de la franja de playa arenosa, la cual en virtud de las peculiaridades del sistema costero queda libre de una influencia crónica de aguas turbias procedentes de la Bahía de Luperón.

MAREAS

Las mareas que afectan las costas de Luperón son del tipo mixto semidiurnas. Estas mareas se caracterizan por presentar dos máximos y dos mínimos a lo largo del día, con lo que se completan dos ciclos de marea en 24 horas, aproximadamente. La amplitud de estos ciclos generalmente no es uniforme y pueden observarse niveles consecutivos de pleamar o bajamar muy diferentes. Como promedio, la amplitud de la marea en la región es de algo más de 0.7 m y tanto el ascenso como el descenso del nivel del mar tienen una duración aproximada de 6 horas. Debido a la configuración del lóbulo occidental de la bahía, estos cambios del nivel del mar provocan un flujo y reflujo de las aguas, que es particularmente sensible en el canal de acceso.

CARACTERIZACIÓN HIDRODINÁMICA

Las condiciones morfológicas que se observan en el lóbulo occidental de la Bahía de Luperón y el escenario geográfico en

que se encuentra ubicado, determinan que la dinámica de sus aguas y el intercambio de masa y energía con el océano estén regidos por múltiples factores. En primer término, las mareas provocan corrientes de flujo y reflujo a través del canal de entrada, que son particularmente fuertes durante las sicigias. Estas corrientes alternan de dirección en función del ciclo de marea y fluyen hacia el interior durante la mayor parte del ascenso del nivel del mar y en sentido contrario durante el descenso.

Por otra parte, aunque el oleaje procedente de aguas oceánicas alcanza muy deformado el canal de entrada de la bahía y con muy escasa energía, también provoca un movimiento de la capa superficial de agua y refuerza el efecto que tiene el flujo de marea. Este efecto se ve incrementado por las olas generadas por el viento local en el interior de la propia bahía y que se suman al efecto de las corrientes del llenante de marea. Adicionalmente, el viento que sopla de manera sostenida en la región transfiere parte de su energía a la capa superficial de agua y genera corrientes hacia el interior de la bahía, que refuerzan el movimiento generado por el flujo de marea y las olas.

El análisis individual de cada una de estas fuentes generadoras de corrientes, a partir de mediciones directas y estimaciones con modelos numéricos, permitió llegar a la comprensión integral del funcionamiento del sistema y cuantificar la magnitud y dirección de los movimientos en la masa de agua. Como se explica en el apartado metodológico, las fuentes individuales consideradas en la generación de las corrientes fueron: a) los cambios del nivel del mar por las mareas, b) el oleaje de aguas abiertas, c) el oleaje local y d) el viento.

Corrientes de marea

Debido a la configuración del lóbulo occidental de la bahía los cambios del nivel del mar asociados a la marea provocan un flujo y reflujo de las aguas, que es particularmente sensible en el canal de acceso. La aplicación del modelo integrado de canales hidráulicos (ACES, 1992) permitió evaluar de manera preliminar la magnitud

de estas corrientes y su grado de influencia en la hidrodinámica general del área. En un día promedio (Fig. 3.8), la velocidad del flujo en el canal puede alcanzar valores de hasta 0.18 m/seg, mientras que el reflujo alcanza un valor ligeramente inferior (0.12 m/seg), aunque esto está muy relacionado con las amplitudes evaluadas. Generalmente, las máximas velocidades reportadas, tanto para el flujo como el reflujo, se producen de 2 a 3 horas después de los picos de marea, coincidiendo con el centro de las curvas de ascenso o descenso del nivel del mar. La regularidad en las secciones del canal de entrada hace que la magnitud de la corriente en todos los puntos se comporte de forma similar.

En cuanto a las variaciones del nivel del agua en el propio canal, éstas siguen exactamente las variaciones impuestas por el régimen de marea sin que se produzcan retardos temporales significativos. En correspondencia con las velocidades calculadas, a través del canal se establece un importante intercambio de agua entre la bahía y las aguas oceánicas. En un día promedio, el volumen del flujo de marea a través de una sección transversal tipo del canal puede alcanzar hasta 34 m^3/segundo, mientras que el reflujo llega a 28 m^3/segundo. Esto representa un intercambio de agua de 600,000.00 m^3 en un ciclo de marea completo.

Durante la ocurrencia de mareas de sicigia, aumenta la velocidad de las corrientes y el intercambio de agua a través del canal. En un día tipo de llenante máximo (Fig. 3.9) la amplitud de la marea puede alcanzar más de 1 m y la velocidad del flujo en el canal puede llegar a valores de hasta 0.25 m/seg, mientras que al igual que ocurre en un día promedio, el reflujo alcanza un valor ligeramente inferior (0.18 m/seg). Las máximas velocidades reportadas, tanto para el flujo como el reflujo, se producen coincidiendo con el centro de las curvas de ascenso o descenso del nivel del mar. Aproximadamente una hora después de los máximos de marea se produce la inversión en la dirección del flujo y se reportan valores de velocidad equivalentes a 0 m/seg. Como resultado del incremento en las velocidades de las corrientes en sicigia también se produce un intercambio mayor de agua entre la bahía y las aguas oceánicas. En un día tipo de máximo llenante, el volumen del flujo de marea a

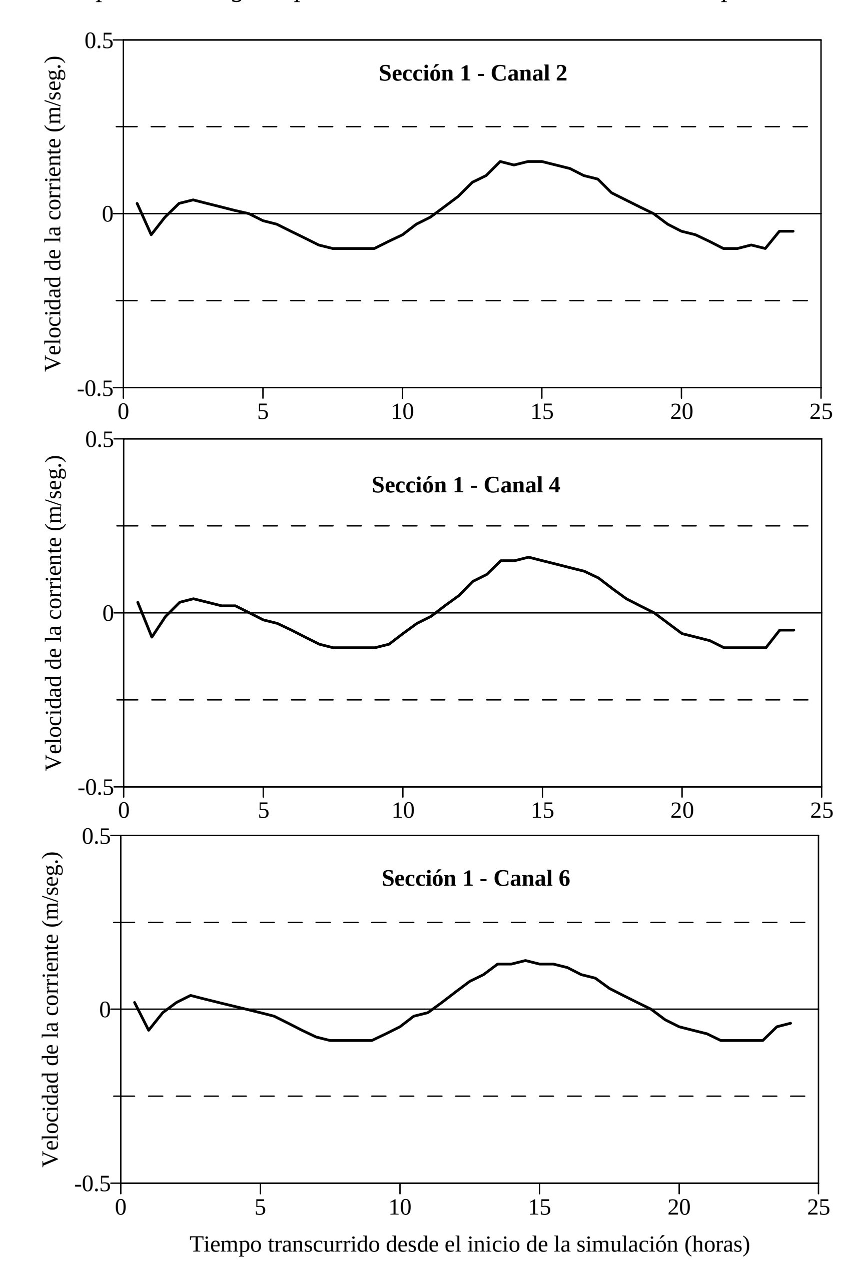


Figura 3.8. Velocidad de las corrientes de marea en la Sección 1, a manera de ejemplo de las secciones estudiadas, en un día tipo promedio en la boca del lóbulo occidental de la Bahía de Luperón.

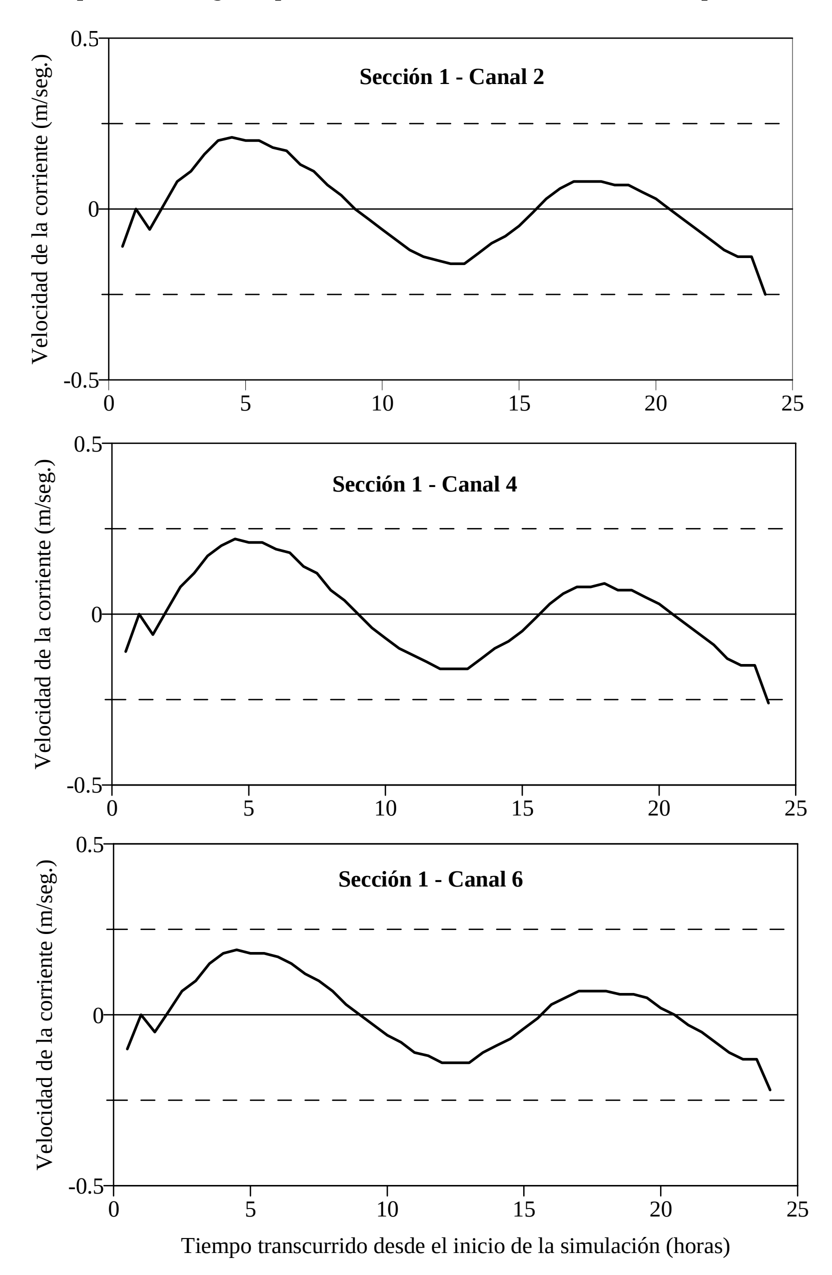


Figura 3.9. Velocidad de las corrientes de marea en la Sección 1, a manera de ejemplo de las secciones estudiadas, en un día tipo de llenante máximo en la boca del lóbulo occidental de la Bahía de Luperón.

través de una sección transversal tipo del canal puede alcanzar 50 m^3/seg, mientras que el reflujo alcanza algo más de 40 m^3/seg. Esto representa un intercambio de agua de más de 700,000.00 m^3 en un ciclo de marea.

En un día tipo de vaciante máximo (Fig. 3.10), las velocidades máximas del reflujo se igualan a las velocidades máximas del flujo, con valores de 0.24 m/seg y el volumen de intercambio en la sección transversal del canal llega a 50 m^3/seg, tanto durante el llenante como el vaciante. En cuanto al volumen total de intercambio, en un ciclo completo de marea, en la bahía se produce un movimiento total de más de 700,000.00 m^3 de agua. Prácticamente durante todo el año a las corrientes de marea se superponen las corrientes generadas por el oleaje y el viento. Estas corrientes tienen una componente hacia el interior de la bahía y solo se manifiestan en superficie. El volumen de agua adicional que penetra debido a estas corrientes se compensa con un ligero incremento en los volúmenes de descarga de fondo.

Corrientes generadas por el oleaje de aguas abiertas

Atendiendo a las particularidades de la costa en la Bahía de Luperón y la configuración del canal de acceso a su lóbulo occidental, las afectaciones que puede sufrir la bahía por el efecto el oleaje oceánico son prácticamente despreciables. No obstante, en la zona próxima al canal se puede sentir la influencia de algunas ondas que luego de múltiples refracciones y reflexiones continúan propagándose en dirección Suroeste. Según los datos de oleaje en la región del Global Wave Statistics, se puede considerar que el oleaje habitual en aguas profundas presenta alturas de 1 a 1.5 m y períodos de 5 a 6 seg.

Al aplicar un modelo de refracción/difracción sobre una matriz de profundidades (REFDIF 10) se obtuvo que la entrada del canal se comporta como un foco de emisión de ondas esféricas y las olas que son capaces de penetrar al interior de la bahía alcanzan apenas 10 centímetros de altura, aunque conservan un período equivalente al de las olas de aguas profundas (Fig. 3.11). Aplicando la teoría de

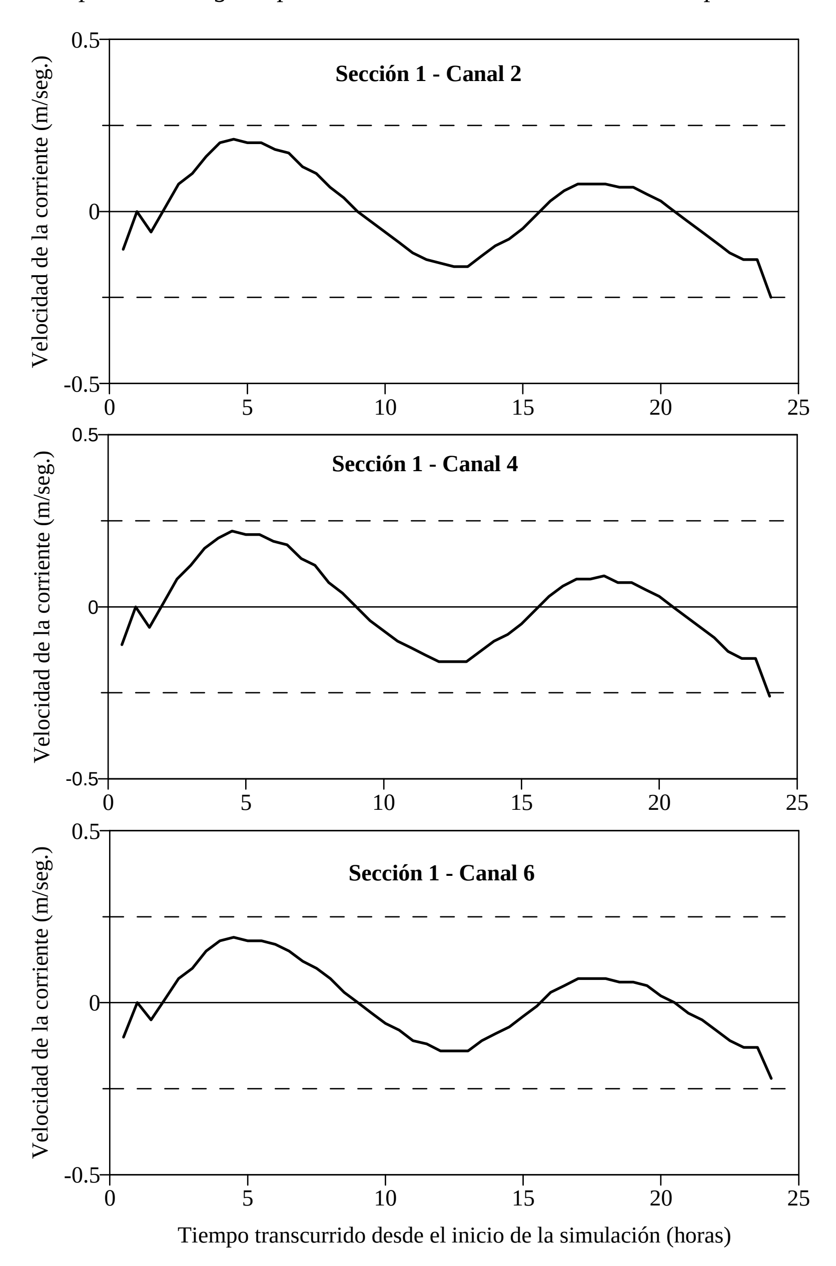


Figura 3.10. Velocidad de las corrientes de marea en la sección 1, a manera de ejemplo de las secciones estudiadas, en un día tipo de vaciante máximo en la boca del lóbulo occidental de la Bahía de Luperón.

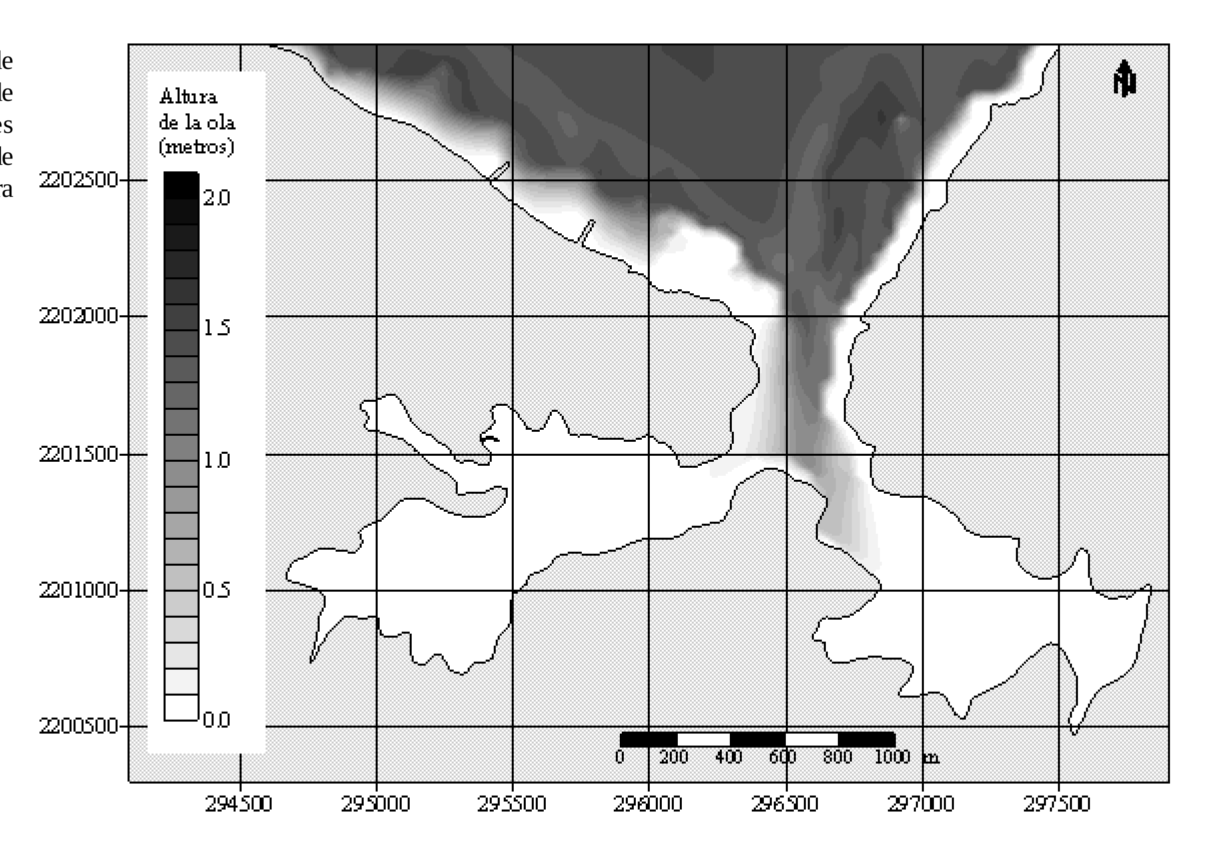


Figura 3.11. Plano de isoagitación y frentes de onda en condiciones habituales en la Bahía de Luperón y el área costera y oceánica adyacente.

segundo orden de Stokes para ondas de amplitud finita, se obtuvo que estas olas generan corrientes superficiales que apenas alcanzan de 5 a 6 cm/minuto, lo que resulta prácticamente despreciable comparado con las corrientes de marea.

En cuanto al oleaje extremo, de acuerdo con los reportes del Global Wave Statistics, las olas con altura superior a 4 metros y período de 11 segundos ocurren solamente durante huracanes u eventos excepcionales y tienen una probabilidad de no excedencia del 99.99%. Con la aplicación del modelo numérico de transformación (REFDIF 10) se comprobó que aún estas olas al penetrar al lóbulo occidental de la bahía apenas alcanzan 30 cm de altura (Fig. 3.12). El movimiento de la masa superficial de agua que es capaz de inducir este oleaje es de 30 cm/minuto aproximadamente, lo que también es una magnitud considerablemente inferior a los valores estimados de velocidad asociados a la marea (Tabla 3.8).

Corrientes generadas por el oleaje local

Además de las olas procedentes de aguas oceánicas, en la propia bahía llegan a generarse olas como resultado de la incidencia del viento sobre la superficie libre de agua. Realmente, tanto por las dimensiones del lóbulo occidental como por su configuración, el fetch efectivo es muy restringido y por tanto, las olas que llegan a formarse alcanzan muy poco desarrollo. Utilizando la metodología planteada inicialmente en el SPM (1984) y refinada en el ACES (1992), se calcularon las probabilidades de generación de oleaje a

Tabla 3.8. Características de las corrientes originadas por el oleaje oceánico que penetra a la bahía. AO: Altura de ola (H_0 - H)* en metros, T: Período en segundos, L: Longitud de onda en metros, C: Celeridad en m/seg, V: Velocidad en m/seg.

Condiciones	AO	T	L	C	V
Habituales	1.5 – 0.10	6.0	30.0	6.0	0.001
Extremas	4.0 – 0.30	11.0	60.0	6.0	0.005

* H_0 está referido a las condiciones iniciales en aguas oceánicas y H es la altura que pueden alcanzar las olas dentro del lóbulo occidental de la bahía.

Figura 3.12. Plano de isoagitación y frentes de onda en condiciones extremas en la Bahía de Luperón y el área costera y oceánica adyacente.

partir de los datos recogidos en el resumen estadístico de los vientos en la Estación Climática de La Unión, Puerto Plata (Tabla 3.9).

Debe señalarse que los valores de velocidad del viento empleados en los cálculos se corresponden con los resúmenes escalares, sin considerar la frecuencia de ocurrencia de los vientos de esas direcciones. De este modo, el rumbo se emplea solamente para determinar la dirección de incidencia efectiva de los frentes de ondas, y debido a la baja frecuencia de los rumbos Norte, Noreste y Noroeste, queda garantizado que bajo condiciones normales no sean excedidos los parámetros de las olas calculadas. Al aplicar la teoría de segundo orden de Stokes para estas olas, se obtuvo que las corrientes superficiales que son capaces de generar, alcanzan apenas unos 5 cm/min.

Corrientes superficiales provocadas por el viento

La incidencia directa del viento sobre el mar provoca una transferencia progresiva de energía a la superficie libre del agua y se genera un movimiento de masa en igual dirección que el viento. De acuerdo con las características del viento local reportadas por la Estación Climática de La Unión, Puerto Plata, y compatibilizando los criterios del SPM (1984), se obtiene que las corrientes inducidas por el viento pueden llegar a alcanzar valores de hasta 15 m/min (Tabla 3.10).

De acuerdo con estos resultados es posible afirmar que las corrientes generadas por el viento, bajo determinadas condiciones, llegan a alcanzar hasta 0.20 m/seg. Sin embargo, estos valores solo son posibles con vientos de más de 20 km/h, que tienen una probabilidad de ocurrencia muy baja para los rumbos de incidencia efectiva en la bahía. Los resultados obtenidos con los cuerpos de deriva Tabla (3.11) confirmaron los del modelo para vaciante (Fig. 3.13) y llenante de marea (Fig. 3.14).

A manera de resumen de la caracterización hidrodinámica, el análisis integral del régimen hidrodinámico en la Bahía de Luperón y la distribución espacial de los sedimentos permite formarse una

Tabla 3.9. Características de las olas generadas por el viento local del Noreste, Norte y Noroeste. VV. Velocidad del viento (km/h). P. Probabilidad de ocurrencia de vientos con velocidad igual o superior (%). AOR. Altura de ola resultante (m). Período de la ola resultante (seg). PN. Propagación respecto al N.

Rumbo	VV	PV	AOR	POR	PN
Noreste	3.63	95.0	0.01	0.39	38°
	6.08	85.0	0.02	0.53	38°
	8.17	65.0	0.03	0.62	38°
	9.80	50.0	0.04	0.69	38°
	13.00	30.0	0.05	0.80	38°
	14.00	20.0	0.05	0.83	38°
	17.00	10.0	0.07	0.92	38°
	30.00	1.0	0.15	1.24	38°
Norte	3.63	95.0	0.01	0.34	34°
	6.08	85.0	0.02	0.48	34°
	8.17	65.0	0.02	0.56	34°
	9.80	50.0	0.03	0.62	34°
	13.00	30.0	0.04	0.73	34°
	14.00	20.0	0.04	0.76	34°
	17.00	10.0	0.05	0.84	34°
	30.00	1.0	0.11	1.13	34°
Noroeste	3.63	95.0	0.00	0.24	12°
	6.08	85.0	0.01	0.34	12°
	8.17	65.0	0.01	0.41	12°
	9.80	50.0	0.02	0.45	12°
	13.00	30.0	0.02	0.53	12°
	14.00	20.0	0.02	0.55	12°
	17.00	10.0	0.03	0.61	12°
	30.00	1.0	0.06	1.84	12°

idea clara del funcionamiento general del sistema costero. Una primera conclusión es que el movimiento fundamental de la masa de agua se produce por efecto de la marea que es capaz de generar en un día promedio corrientes en el canal de hasta 0.18 m/seg durante el llenante y 0.12 m/seg en vaciante. De acuerdo con los resultados experimentales de Hjulstrom (1939), estas corrientes son capaces de transportar con facilidad las arcillas y los limos, e incluso las fracciones arenosas con diámetro de hasta 0.5 mm.

Tabla 3.10. Velocidades de las corrientes inducidas por el viento. VV. Velocidad del viento (km/h). POV. Probabilidad de ocurrencia de vientos con velocidad igual o superior (%). VC. Velocidad de la corriente (m/seg).

VV	POV	VC
3.63	95.0	0.02 - 0.03
6.08	85.0	0.04 - 0.05
8.17	65.0	0.05 - 0.07
9.80	50.0	0.06 - 0.08
13.00	30.0	0.07 - 0.11
14.00	20.0	0.08 - 0.12
17.00	10.0	0.09 - 0.14
30.00	1.0	0.17 - 0.25

Debe señalarse, no obstante, que las velocidades durante el llenante son superiores al vaciante, lo que determina que también la capacidad de transporte durante el llenante sea mayor. Otro elemento a destacar es que en un ciclo completo de marea en un día promedio, a través del canal se produce un intercambio de agua de 600,000.00 m^3 aproximadamente entre el lóbulo occidental de la bahía y el mar. Si tenemos en cuenta que el volumen de agua almacenado en este lóbulo (referido al nivel medio del mar) es de casi 2,000,000.00 de m^3 de agua, entonces aproximadamente en 4 días se produce un intercambio equivalente al volumen total de agua.

Esta cifra solo puede utilizarse como referencia inicial del tiempo en que puede producirse una renovación completa del agua en la bahía, ya que existe un gran número de factores que en este análisis no han sido considerados. Por ejemplo, las velocidades de las corrientes disminuyen hacia el interior de la bahía y también disminuyen con el incremento de la profundidad, lo que hace que la renovación de las aguas más profundas y especialmente en la parte más interior de la bahía, sea considerablemente inferior a la renovación del agua en la zona próxima al canal.

Un indicador de la escasa energía del régimen de circulación en el interior de la bahía es precisamente la distribución de los sedimentos del fondo. Por ejemplo, los materiales depositados en la Estación 11 están compuestos en un 95 % por fracciones de limos y arcillas

Tabla 3.11. Resultados de los experimentos con botellas de deriva en la Bahía de Luperón.

Exp.	Obsv.	Fecha	UTM E	UTM N	Distancia (m)	Hora	Tiempo (min.)	Velocidad (m/seg.)
A	1	Ago. 5	295083	2201086	0	7:26 a.m.	0	0.000
	2	Ago. 5	295197	2201125	120.00	8:29 a.m.	63	0.032
	3	Ago. 5	295022	2201144	180.00	9:58 a.m.	89	0.034
B	1	Ago. 26	295461	2201293	0	7.45 a.m.	0	0.000
	2	Ago. 26	295402	2201337	73.60	8.29 a.m.	44	0.028
C	1	Sept. 16	296180	2201496	0	9.00 a.m.	0	0.000
	2	Sept. 16	296054	2201497	126.00	9.27 a.m.	27	0.078
	3	Sept. 16	295998	2201502	56.22	9.41 a.m.	14	0.067
	4	Sept. 16	295561	2201340	466.06	10.46 a.m.	65	0.120
D	1	Sept. 16	296321	2201562	0	9.27 a.m.	0	0.000
	2	Sept. 16	295934	2201506	391.03	10.05 a.m.	38	0.172
	3	Sept. 16	295548	2201388	403.63	10.55 a.m.	50	0.135
E	1	Sept. 16	296321	2201562	0	9.27 a.m.	0	0.000
	2	Sept. 16	295935	2201504	390.33	10.07 a.m.	40	0.163
	3	Sept. 16	295600	2201411	347.67	10.54 a.m.	47	0.123
F	1	Sept. 17	296330	2201521	0	4.36 p.m.	0	0.000
	2	Sept. 17	296163	2201480	171.96	4.51 p.m	15	0.191
	3	Sept. 17	296041	2201404	143.74	5.07 p.m	16	0.150
	4	Sept. 17	295896	2201378	147.31	5.23 p.m	16	0.154
	5	Sept. 17	295781	2201383	115.11	5.39 p.m	16	0.120
	6	Sept. 17	295609	2201351	174.95	6.03 p.m	24	0.122

Tabla 3.11. Continuación.

Exp.	Obsv.	Fecha	UTM E	UTM N	Distancia (m)	Hora	Tiempo (min.)	Velocidad (m/seg.)
G	1	Sept. 17	296330	2201521	0	4.36 p.m	0	0.000
	2	Sept. 17	296170	2201432	183.09	4.52 p.m	16	0.191
	3	Sept. 17	296065	2201413	106.71	5.08 p.m	16	0.111
	4	Sept. 17	295952	2201364	123.17	5.25 p.m	17	0.121
	5	Sept. 17	295824	2201364	128.00	5.41 p.m	16	0.133
	6	Sept. 17	295726	2201334	102.49	5.59 p.m	18	0.095
H	1	Sept. 17	296330	2201521	0	4.36 p.m	0	0.000
	2	Sept. 17	296170	2201432	183.09	4.52 p.m	16	0.191
	3	Sept. 17	296047	2201407	125.51	5.07 p.m	15	0.140
	4	Sept. 17	295916	2201367	136.97	5.24 p.m	17	0.134
	5	Sept. 17	295791	2201375	125.26	5.40 p.m	16	0.131
	6	Sept. 17	295666	2201333	131.87	6.02 p.m	22	0.100
I	1	Sept. 17	296330	2201521	0	4.36 p.m	0	0.000
	2	Sept. 17	296170	2201432	183.09	4.52 p.m	16	0.191
	3	Sept. 17	296047	2201407	125.51	5.07 p.m	15	0.140
	4	Sept. 17	295909	2201377	141.22	5.23 p.m	16	0.147
	5	Sept. 17	295786	2201381	123.07	5.39 p.m	16	0.128
	6	Sept. 17	295660	2201359	127.91	6.01 p.m	22	0.097
J	1	Sept. 17	296330	2201521	0	4.36 p.m	0	0.000
	2	Sept. 17	296170	2201432	183.09	4.52 p.m	16	0.191
	3	Sept. 17	296047	2201407	125.51	5.07 p.m	15	0.140
	4	Sept. 17	295909	2201377	141.22	5.23 p.m	16	0.147
	5	Sept. 17	295786	2201381	123.07	5.39 p.m	16	0.128
	6	Sept. 17	295661	2201353	128.10	6.01 p.m	22	0.097

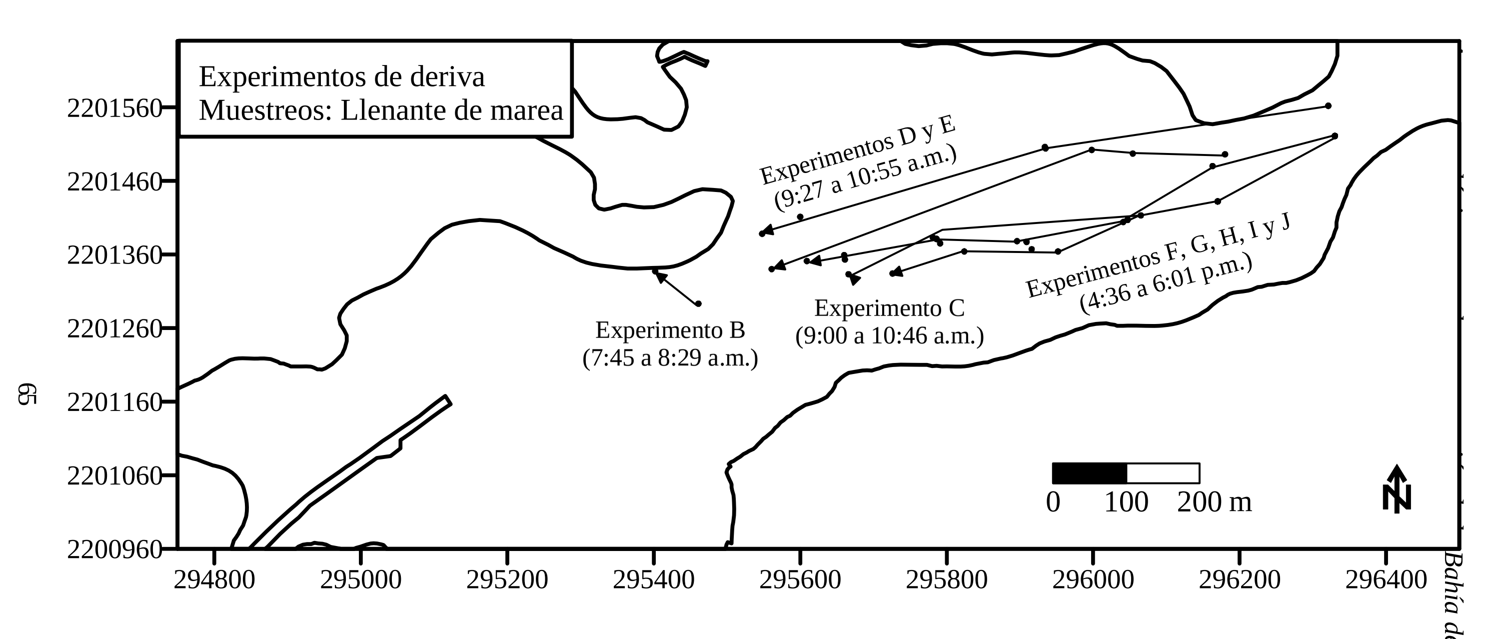


Figura 3.13. Resultados de los experimentos con cuerpos de deriva, en llenante de marea, en la Bahía de Luperón. Los puntos negros indican los sitios de lanzamiento, registro de observaciones y recogida de los cuerpos de deriva. Las líneas indican el recorrido de los cuerpos de deriva y la saeta su dirección. Se indica en cada caso la letra del experimento correspondiente y las horas de observaciones, según la Tabla 3.12.

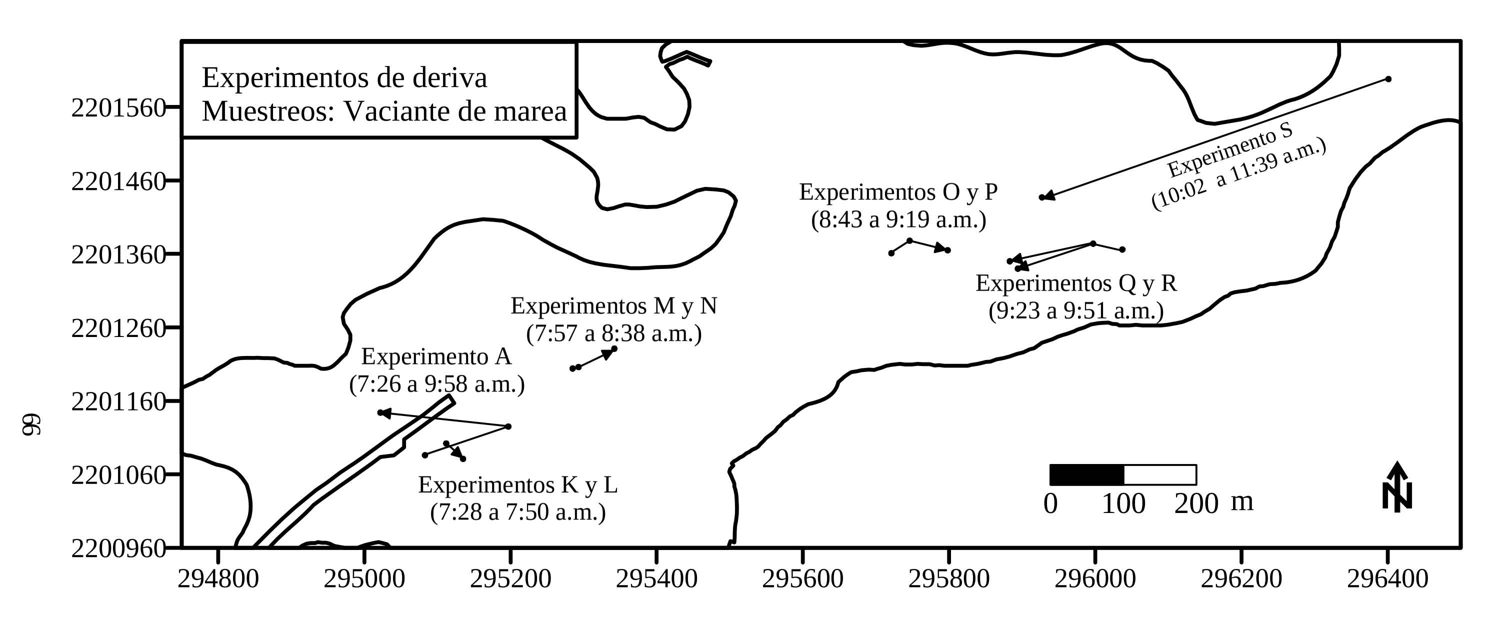


Figura 3.14. Resultados de los experimentos con cuerpos de deriva, en vaciante de marea, en la Bahía de Luperón. Los puntos negros indican los sitios de lanzamiento, registro de observaciones y recogida de los cuerpos de deriva. Las líneas indican el recorrido de los cuerpos de deriva y la saeta su dirección. Se indica en cada caso la letra del experimento correspondiente y las horas de observaciones según la Tabla 3.12.

con un diámetro inferior a 0.074 mm. De acuerdo con los resultados de Hjulstrom (1939), para transportar estos materiales son suficientes velocidades de corriente inferiores a 5 cm/seg, que no se producen en el lugar. Los resultados de numerosos autores, recogidos en el SPM (1984) avalan este criterio al afirmar que para transportar incluso fragmentos de arena con diámetro de 0.1 mm o menor, apenas se requiere de corrientes de 5 cm/seg.

También es muy importante destacar que a las corrientes de marea se superponen de forma permanente las corrientes generadas por el oleaje (ya sea local o el que penetra desde aguas abiertas) y el viento. Todas estas corrientes tienen una componente longitudinal de igual dirección al eje del lóbulo de la bahía y están dirigidas hacia el interior, durante la mayor parte del tiempo. Los experimentos realizados con cuerpos de deriva (Tabla 3.11) ponen de manifiesto que al tener igual dirección todas estas corrientes se superponen y refuerzan hasta superar en la superficie a las corrientes de marea.

Particularmente durante el llenante, las corrientes generadas por el viento se suman a las corrientes de marea y en la capa superficial se produce un incremento en la velocidad de la masa de agua hacia el interior de la bahía. Por el contrario, durante el vaciante las corrientes de marea tienen una dirección opuesta al viento y el oleaje y una magnitud inferior a las corrientes de llenante. Esto provoca que en la capa superficial la tendencia del movimiento del agua sea hacia el interior de la bahía, mientras que el flujo de agua hacia el mar se produce por el fondo y las capas de agua intermedias.

Los experimentos realizados con cuerpos de deriva en la zona del canal y el interior de la bahía reflejan la marcada influencia del viento y las olas generadas por el mismo en el movimiento de la capa superficial de agua. En este sentido, se destacan los resultados obtenidos al correlacionar el comportamiento diario de la fuerza del viento y las velocidades de la corriente (Fig. 3.15) que indican una variación simultánea altamente correlacionada estadísticamente, de manera que con el aumento y disminución de la velocidad del viento en el ciclo diurno, ocurre paralelamente un aumento y disminución de la velocidad de las corrientes en la bahía.

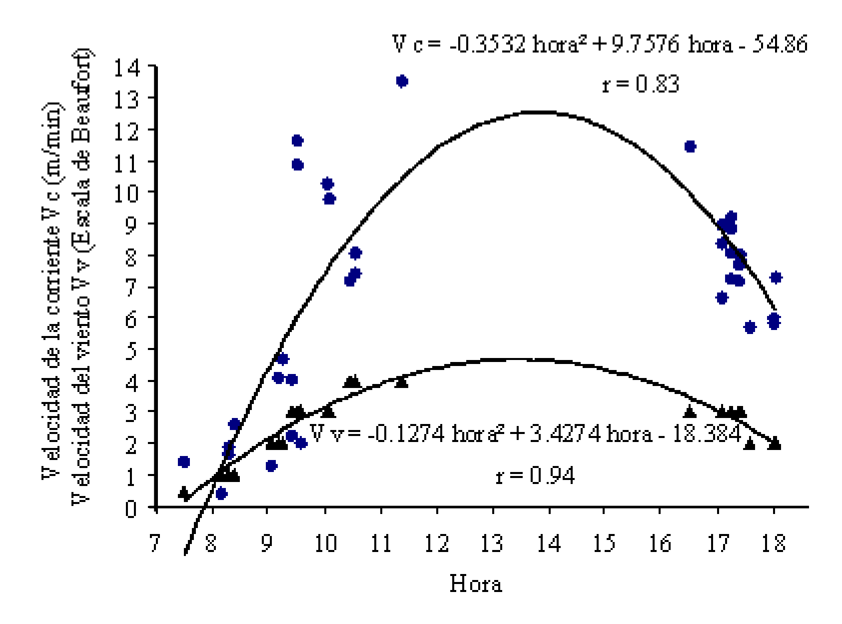


Figura 3.15. Relación entre los valores de velocidad de la corriente estimadas en nuestros experimentos y la velocidad del viento (según datos promedios de Van Sant, 1996) para un intervalo de 12 horas. Los círculos indican los datos de velocidad de la corriente y los triángulos de viento. Se indica en cada caso la ecuación de ajuste del polinomio y el coeficiente de correlación r.

Otro elemento de gran importancia es la ausencia casi absoluta de corrientes de escurrimiento superficial concentrado al interior de la bahía, debido a la falta de corrientes superficiales de envergadura. Esto hace que realmente la energía de las corrientes durante la descarga al mar sea inferior a la energía de las corrientes que penetran y por consiguiente, los sedimentos fangosos de la bahía tienen influencia solo en un área relativamente reducida de la plataforma marina, mientras que los sedimentos marinos predominan en la zona de transición.

Todo este esquema dinámico determina que incluso en la playa de Luperón, ubicada deriva debajo de la bahía y relativamente cerca, no se observen prácticamente indicios de influencia de materiales provenientes del interior de la bahía.

OCEANOGRAFÍA QUÍMICA Y CALIDAD DEL AGUA

Los resultados de las campañas oceanográficas en vaciante (Tabla 3.12) y llenante de marea (Tabla 3.13) muestran que desde el punto de vista hidroquímico la bahía puede ser subdividida en cuatro regiones, donde los parámetros exhiben un comportamiento similar: a) Cañada La Alhorrada, b) área interior, c) área central y d) área externa. Las características hidroquímicas de cada una de estas áreas están muy relacionadas con el ciclo de marea que impone variaciones en la distribución espacial de la transparencia (Fig. 3.16), la salinidad (Fig. 3.17), la temperatura (Fig. 3.18) y los niveles de oxígeno disuelto (Fig. 3.19).

Desembocadura de la Cañada La Alhorrada

Cerca de la Cañada la Alhorrada en la Estación 12 (ver Fig. 2.2) se observaron valores de transparencia cero en ambos muestreos debido a la gran cantidad de sedimentos que éste curso arrastra. Estos sedimentos se depositan a corta distancia de la desembocadura tanto por el efecto del viento en sentido contrario al flujo, como por el escaso caudal de la cañada que no favorece el transporte. Ello atenúa el efecto de turbidez en el resto de la bahía. Los valores de salinidad con 12‰ son indicativos de la influencia de agua dulce y los valores de oxígeno disuelto fueron similares en llenante y vaciante, con 5.5 mg/l y un porcentaje de saturación de 80% en el primer caso; y 6.0 mg/l y un porcentaje de saturación de 87%, en el segundo caso.

Estos valores están reflejando la presencia de una alta carga orgánica ya que, como vimos en el acápite de hidrología, la cañada recibe parte de los albañales del pueblo de Luperón y los aportes de los drenes. Ello es más evidente en sus valores de nutrientes que fueron muy elevados en el muestreo del vaciante, en comparación con el resto de la bahía, aunque disminuyeron durante el muestreo de llenante. Sin embargo, en esta estación no se encontró en ningún muestreo evidencias físicas de hidrocarburos, posiblemente por su mayor distancia a las áreas donde se concentran las embarcaciones, hacia las regiones interna y central de la bahía. En general, la

Tabla 3.12. Valores de los parámetros físicos y químicos determinados en doce estaciones ubicadas en diferentes regiones de la Bahía de Luperón durante las campañas oceanográficas realizadas durante el vaciante de marea.

Est.	Prof. (m)	Transp (m)	Temp. (°C)	Salin. (‰)	OD (mg/l)	OD %	NO_3 (mg/l)	NO_2 (mg/l)	NH_4 (mg/l)	PO_4 (mg/l)	HC
1	0.9	0.9	30.8	37.5	6.6	100	≤ 1	0	≤0.25	≤ 5	Si
2	0.5	0.5	30.2	37.7	4.5	73	≤ 1	0	≤0.25	≤ 5	No
3	2.2	1.0	30.7	37.0	8.1	100	<1	0	< 0.25	≤ 5	No
4	5.6	1.1	31.3	37.5	7.3	100	<1	0	< 0.25	≤ 5	No
5	3.3	1.1	31.5	39.0	7.2	100	<1	0	< 0.25	5	Si
6	5.9	1.3	31.2	37.5	8.0	100	<1	0	< 0.25	< 5	Si
7	5.9	1.9	31.2	37.5	7.5	100	<1	0	< 0.25	< 5	No
8	4.5	2.0	31.2	37.6	7.6	100	<1	0	< 0.25	< 5	No
9	3.9	2.4	30.6	36.1	8.0	100	0	0	0	< 5	No
10	29.0	15.0	29.0	36.8	8.3	100	0	0	0	< 5	No
11	1.2	1.2	31.8	37.5	7.5	100	<1	0	< 0.25	< 5	No
12	0.3	0.0	31.8	12.0	5.5	80	≤ 1	< 0.15	≤0.5	>5 <15	No

Tabla 3.13. Valores de los parámetros físicos y químicos determinados en doce estaciones ubicadas en diferentes regiones de la Bahía de Luperón durante las campañas oceanográficas realizadas durante el llenante de marea.

Est.	Prof. (m)	Transp (m)	Temp. (°C)	Salin. (‰)	OD (mg/l)	OD %	NO_3 (mg/l)	NO_2 (mg/l)	NH_4 (mg/l)	PO_4 (mg/l)	HC
1	0.9	0.9	30.3	36.7	6.0	98	< 1	0	< 0.25	5	Si
2	0.5	0.5	30.3	36.9	6.8	100	<1	0	< 0.25	≤ 5	No
3	2.2	1.0	30.7	37.5	6.0	99	<1	0	< 0.25	< 5	No
4	5.6	1.2	30.6	37.9	6.4	100	<1	0	< 0.25	< 5	No
5	3.3	1.5	30.7	37.6	7.0	100	<1	0	< 0.25	5	No
6	5.9	1.5	30.6	37.5	7.1	100	<1	0	< 0.25	< 5	No
7	5.9	5.9	30.1	37.2	7.0	100	<1	0	< 0.25	< 5	No
8	4.5	4.5	29.8	37.5	8.1	100	0	0	< 0.25	< 5	No
9	3.9	3.9	29.5	36.9	7.0	100	0	0	0	< 5	No
10	29.0	15.0	29.3	36.2	7.9	100	0	0	0	< 5	No
11	1.2	1.2	31.2	37.5	8.0	100	<1	0	< 0.25	< 5	No
12	0.3	0.0	31.6	12.0	6.0	87	<1	0	< 0.25	< 5	No

desembocadura de la Cañada La Alhorrada, más que un área de acumulación es un área de exportación de nutrientes, como veremos seguidamente.

Área interna (Subzona Sureste/Estaciones 2, 3, 4, 5, 6 y 11)

El área interna de la bahía (ver Fig. 2.2) se caracteriza por su escasa profundidad que alcanza 2.8 m como promedio, pero tiene en su región más interna profundidades de hasta 0.9 m, debido al alto grado de sedimentación relacionado con el aporte de la cañada y el manglar. Ello incide en cierta forma la transparencia que alcanzó 1.1 m como promedio, tanto en vaciante como en llenante.

Los valores de temperatura y salinidad fueron altos siempre, indicando una escasa renovación, aunque los valores promedios observados en el vaciante (31.1 °C y 37.7 ‰) fueron ligeramente mayores que los observados en el llenante (30.6 °C y 37.4 ‰). En este último caso se hace sentir más el efecto de la masa oceánica externa sobre la bahía. Los nutrientes tuvieron valores moderados en comparación con la cañada y similares en ambos muestreos, alcanzado concentraciones de 1.32 y 0.34 mg/l para el nitrato y fosfato, respectivamente. Asimismo, la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) tuvo aquí un valor de 5.8 mg/l, que fue el mayor hallado para toda la región marina. Los valores de aceites y grasas tuvieron un promedio de 0.124 mg/l, aunque no fue muy evidente la presencia películas oleosas sobre la superficie del agua y este valor se encuentra por debajo de la norma de SEMARN (2001).

Área interna (Subzona Noroeste/Estación 1)

Durante los muestreos se evidenció que existen importantes diferencias entre los costados Sureste (Estación 2) y Noroeste (Estación 1) del Muelle de Luperón (ver Fig. 2.2), por lo que esta última área se separó en el estudio hidroquímico como una subzona independiente. En el costado Noroeste, donde el muelle cortó totalmente la comunicación con la cañada, los valores de oxígeno y los porcentajes de saturación durante el vaciante son ligeramente mayores (6.6 mg/l y 100 %) que en el costado que sí está influido por éste (4.5 mg/l y 73 %).

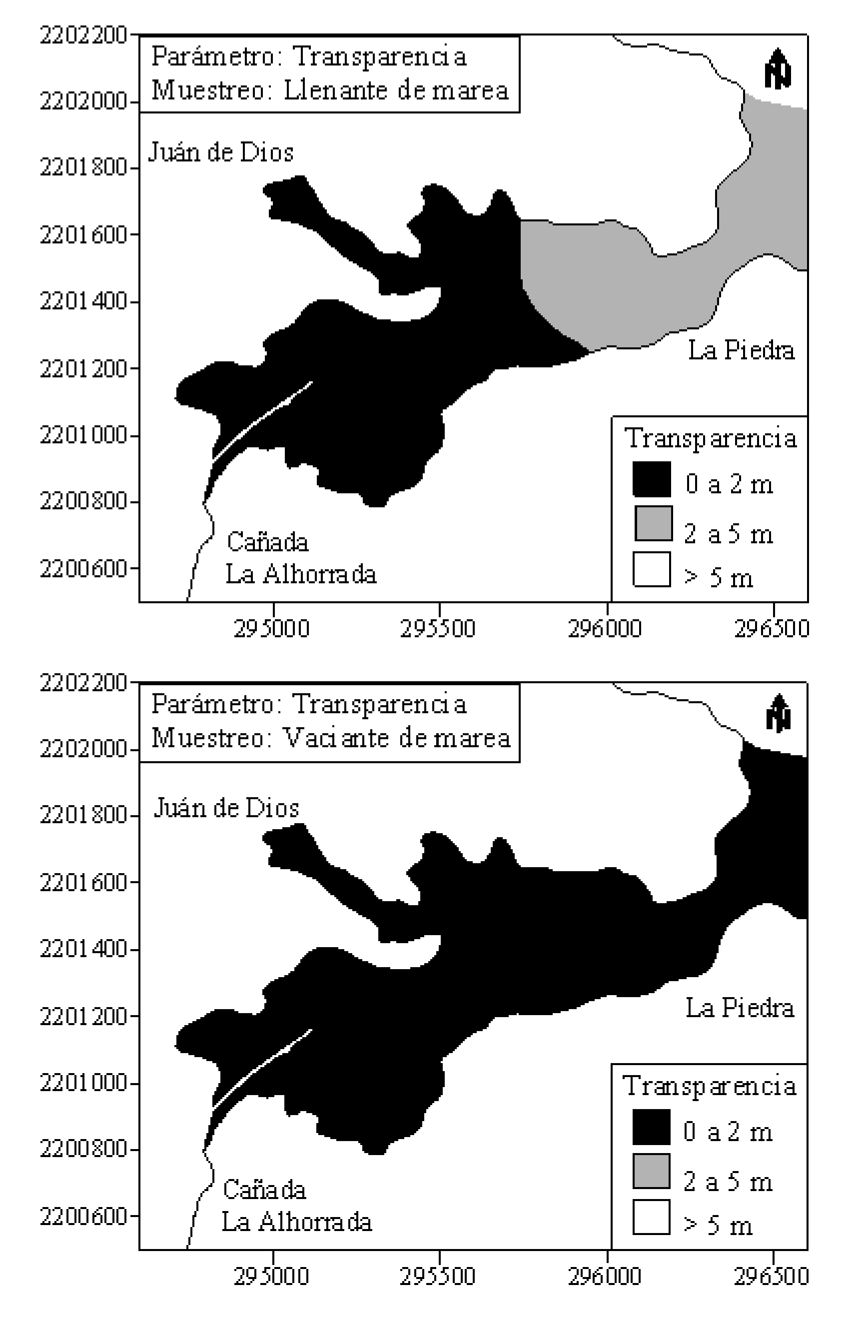


Figura 3.16. Variaciones de la transparencia del agua en la Bahía de Luperón y el área costera-océanica adyacente, durante el ciclo de marea.

Por otra parte, el costado Noroeste, precisamente por haber quedado aislado del aporte de la cañada, tiene ciertas condiciones de estancamiento que favorece la deposición del sedimento e incluso la acumulación de hidrocarburos en la superficie del agua, que fueron visibles durante los muestreos y alcanzaron los mayores valores de toda la región con 0.298 mg/l, si bien éste se encuentra aún por debajo de la norma nacional establecida por SEMARN (2001).

Esta subzona es, de hecho, el área típica de acumulación, donde permanentemente se observa una capa de hidrocarburos sobre el agua, por lo que las concentraciones pueden llegar incluso a ser mucho mayores que las encontradas en el presente estudio, sobrepasando la norma establecida. De cualquier forma, la contaminación por hidrocarburos sobre la superficie del agua tiene un impacto tan alto sobre la calidad del agua y las condiciones estéticas de la bahía que aún concentraciones por debajo de la norma deben ser vigiladas.

En este sentido, sería mejor aplicar una norma narrativa como la propuesta por Herrera y Betancourt (2003), que plantea que todas las aguas superficiales de la zona estuarina y costera deben estar libres de películas oleosas visibles de cualquier tipo o espesor, procedentes del vertimiento de aceites, lubricantes, petróleo u otros hidrocarburos durante actividades humanas en la costa o desde buques de cualquier tipo, porte y calado.

Área central (Estaciones 7, 8 y 9)

En esta área la profundidad se incrementa y alcanza un promedio de 4.6 m. La transparencia también alcanza mayores valores con 2.1 m de promedio, durante el vaciante y 4.8 m, durante el llenante. Ello indica la influencia que tiene la masa de agua oceánica sobre la transparencia del centro de la bahía. Los valores de temperatura y salinidad fueron elevados durante el muestreo en vaciante, con promedios de 31.0 °C y 37.1 ‰, respectivamente, indicando que aún en esta región del centro de la bahía las condiciones de renovación son limitadas. Ambos parámetros disminuyeron

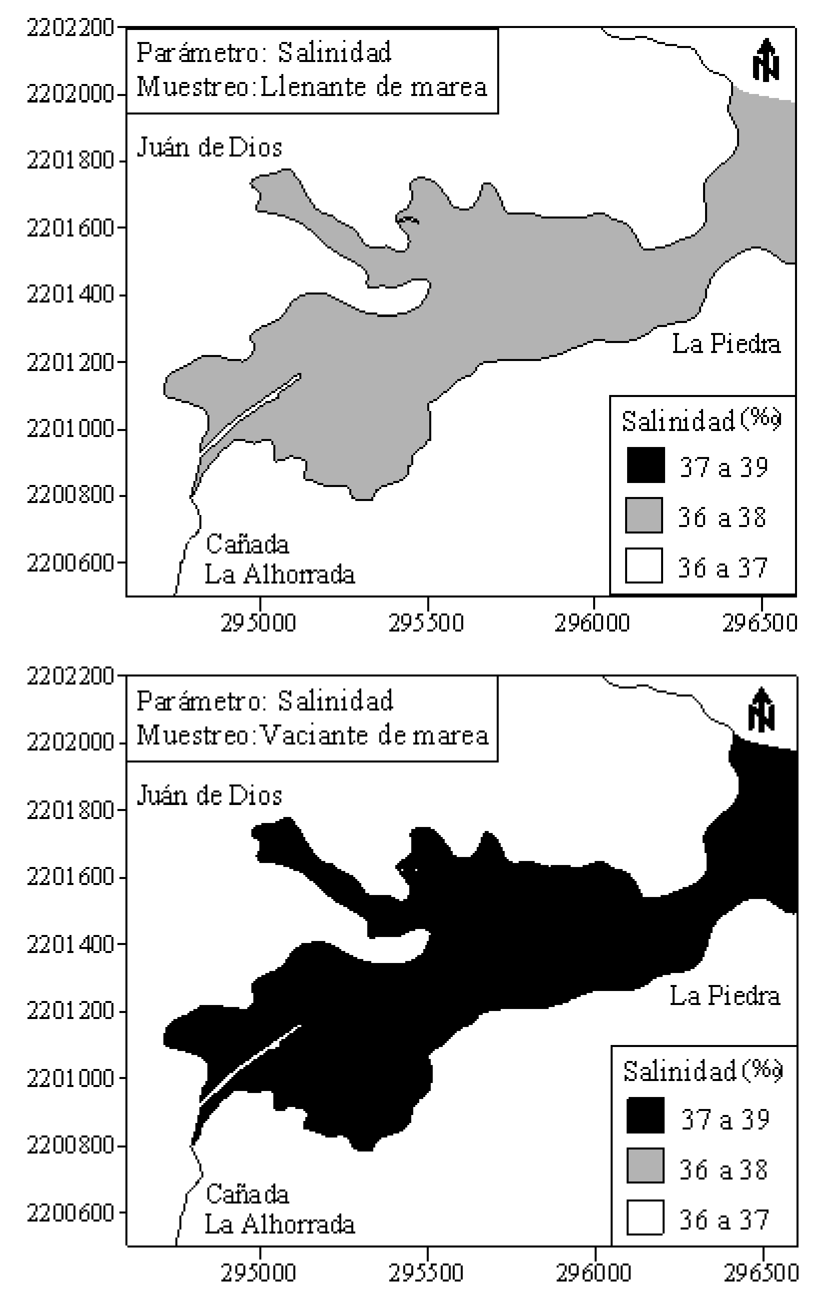


Figura 3.17. Variaciones de la salinidad superficial en la Bahía de Luperón y el área costera-océanica adyacente, durante el ciclo de marea.

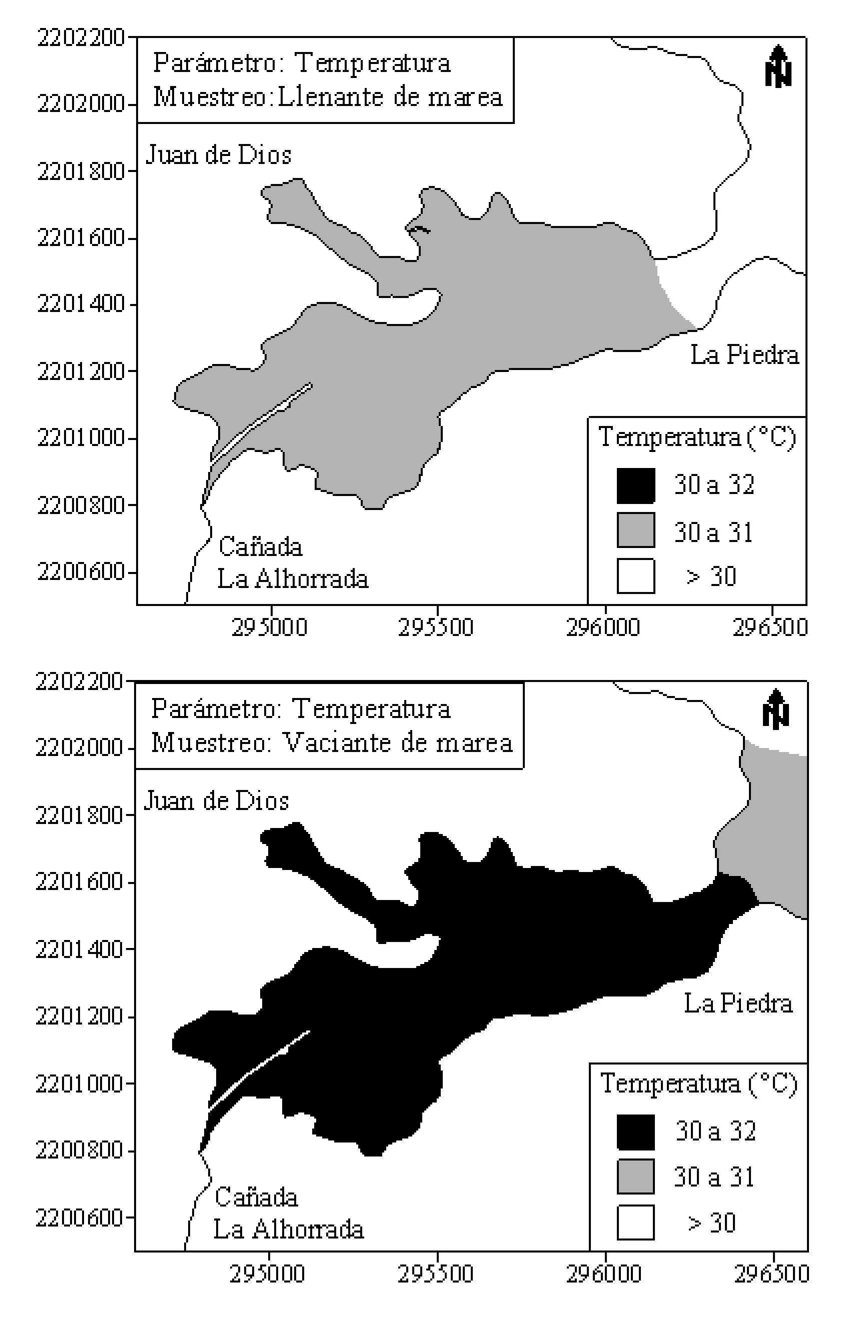


Figura 3.18. Variaciones de la temperatura superficial en la Bahía de Luperón y el área costera-océanica adyacente, durante el ciclo de marea.

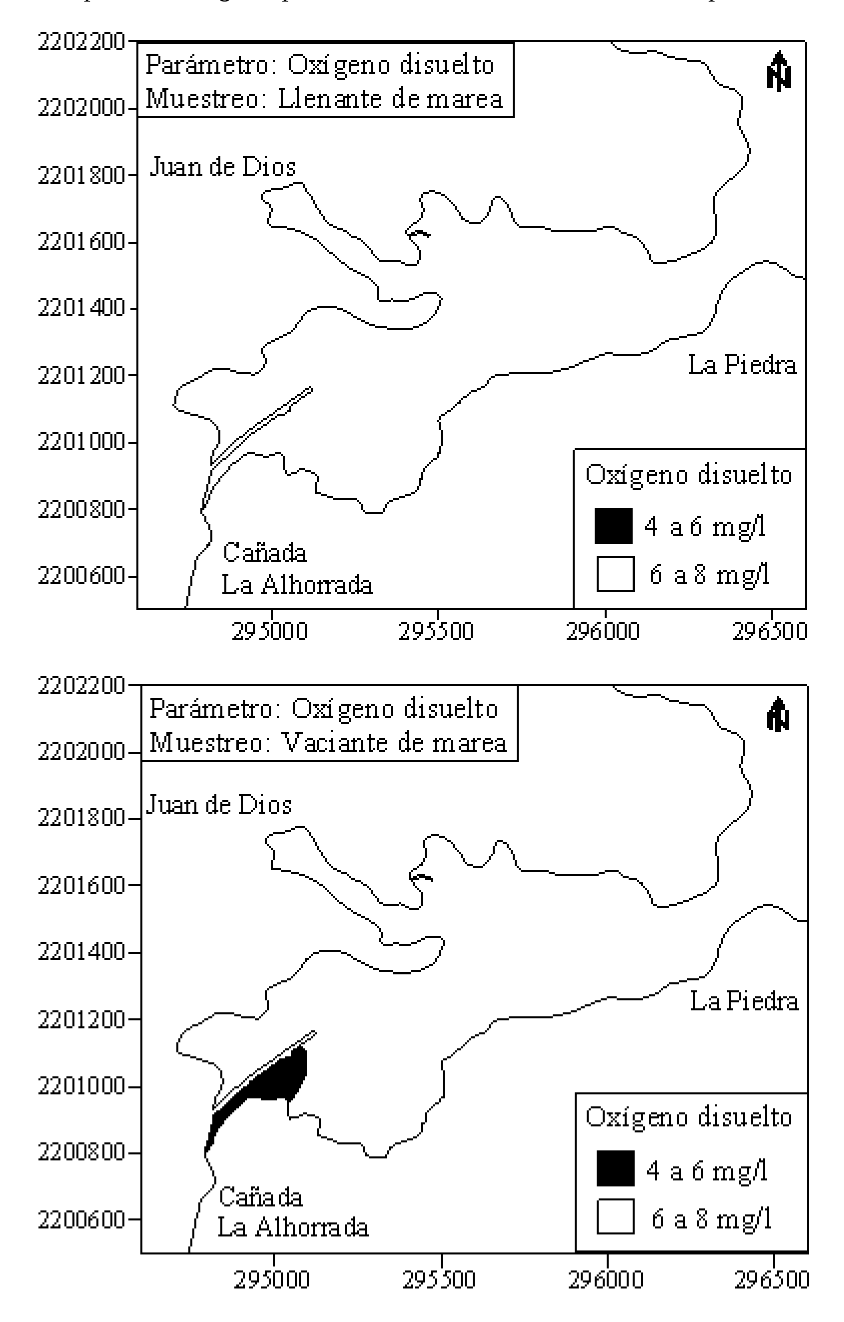


Figura 3.19. Variaciones del oxígeno disuelto superficial en la Bahía de Luperón y el área costera-océanica adyacente, durante el ciclo de marea.

ligeramente a 29.8 °C y 37.2 ‰ en el muestreo de llenante, donde se hace sentir la influencia de la masa de agua oceánica adyacente.

Sin embargo, los valores promedios de oxígeno disuelto fueron siempre superiores (entre 7.4 y 7.6 mg/l) a los del área interna y existe un ciento por ciento de saturación de oxígeno en el agua. Los valores de nutrientes son menores que en el área interna pero pueden ser puntualmente altos como es el caso de la Estación 5 del lóbulo de Juan de Dios (ver Fig. 2.2), donde existen ciertas condiciones de confinamiento y se detectó incluso la presencia de hidrocarburos en el agua, durante el muestreo de vaciante. En el resto del área no se detectaron evidencias de hidrocarburos en el agua y los valores de DBO_5 estuvieron por debajo de 0.5 mg/l.

Área costera-oceánica (Estación 10)

Bajo esta denominación se ha incluido la estación más externa de la bahía (ver Fig. 2.2), localizada ya en la en la región oceánica. En esta área la profundidad es mucho mayor, con unos 30 m y la transparencia fue siempre de un 100%. Comparativamente con la masa superficial del interior de la bahía el estrato superficial oceánico tuvo siempre una situación más estable con menor temperatura y salinidad y los valores de oxígeno fueron definidamente altos con una saturación constante del 100%. Los nutrientes tuvieron sus valores mínimos; no se detectó la presencia de hidrocarburos en superficie y los valores de DBO_5 estuvieron muy por debajo de 0.5 mg/l.

Tomado de: Betancourt Liliana y Alejandro Herrera-Moreno 2004. Apuntes ecológicos para la conservación de un Área Protegida: Bahía de Luperón. Universidad INTEC/ Programa EcoMar, Inc., Editora Búho, 140 pp.

4. ECOSISTEMAS, FLORA Y FAUNA

En el presente estudio se delimitaron doce ecosistemas o ambientes distribuidos en la zona terrestre, costera y marina de la Bahía de Luperón (Tabla 4.1). Para la definición de los mismos se consideraron: a) sus características físicas, b) su distribución espacial, c) la interrelación de sus asociaciones bióticas, d) su composición específica -cualitativa y cuantitativa, e) la presencia de algunas especies características y f) su grado de interrelación estructural y funcional.

Tabla 4.1. Principales ecosistemas y ambientes presentes en la zona terrestre, costera y marina de la Bahía de Luperón.

Ámbito	Ecosistemas/Ambientes
Terrestre	Herbazal con palmeras y árboles dispersos
	Bosque costero relicto de vegetación primaria
	Vegetación ribereña
Costero	Bosque de manglar
	Salados
	Lagunas de marea
	Playa arenosa
	Costa rocosa baja/acantilada
	Intermareal fangoso
Marino	Fondo fangoso
	Pastos marinos sobre fondo fangoso/arenoso
	Arrecifes coralinos

ECOSISTEMAS TERRESTRES

Se definieron tres ecosistemas o ambientes terrestres (Tabla 4.1): herbazal con árboles, bosque relicto y vegetación ribereña. Todos ellos presentan la particularidad de encontrarse directa y severamente antropizados, por lo que los suelos se encuentran transformados y se ha perdido la cobertura vegetal original. A esto se añaden los efectos de una severa sequía, relacionada tanto con los cambios regionales inducidos por la pérdida de la cobertura vegetal como por la influencia del cambio climático global.

Ello hace que estos ambientes hayan perdido parte de su valor estructural y funcional en el contexto de los sistemas ecológicos locales.

Herbazal con palmeras y árboles dispersos

Este ambiente, que ocupa prácticamente el 80% de la región terrestre estudiada, presenta una topografía accidentada y se encuentra extendido sobre las elevaciones, aproximadamente a partir de la cota de 10 msnm hasta su máxima altura en 40 msnm, aunque no está uniformemente distribuido. Se trata de un área muy antropizada, intervenida desde hace decenas de años, donde la vegetación original fue sustituida, quedando solo vestigios de la cobertura primaria en algunos representantes conspícuos como la palma real (*Roystonea hispaniolana),* la palma cana (*Sabal domingensis)* y el guano (*Coccothrinax argentea),* así como algunos árboles correspondientes a la vegetación natural primaria del lugar, que crecen sobre sustrato básicamente arcilloso (Fig. 4.1).

El impacto de la alteración de la cobertura vegetal es evidente por la presencia de numerosas especies invasoras o pioneras, arvenses, ruderales y viales, no solo herbáceas, sino también arbustivas como *Calotropis procera***,** y arbóreas como *Acacia macracantha y Prosopis juliflora*, las cuales colonizan áreas que han perdido su vegetación original. La riqueza florística de este ambiente alcanza unas 118 especies, con una codominancia porcentual de formas arborescentes (27%), arbustivas (27%) y herbáceas (26%).

Al parecer esta área inicialmente fue desmontada para extraer madera y hacer labranzas agrícolas y luego fue convertida en pastizal, notándose áreas muy degradadas por el pastoreo en una zona donde existe una prolongada sequía. Por ello, pueden observarse áreas con aspecto desértico, donde de hecho el estudio de suelos (Saldívar, 2002) arroja la ausencia de capa vegetal. En las elevaciones, el elemento más característico de la flora es la palma cana, de la cual hay unos 20 individuos adultos y entre 40 a 50 juveniles. En la depresión del terreno se observaron ejemplares

de guasuma *Guazuma tomentosa*, jobo de puerco *Spondias mombin*, muñeco *Cordia nitida*, bayahonda *Prosopis juliflora*, cambrón prieto *Acacia macracantha* y cabrita *Bunchosia glandulosa*.

Como reminiscencia de las actividades agrícolas quedan árboles frutales como: guanábana, *Anonna muricata*, mamón *Annona reticulata*, aguacate *Persea americana*, cajuil *Anacardium occidentale* y mango *Mangifera indica*. Entre las especies arbustivas se destacan: mala mujer, *Cordia mirabiloides*, túa-túa, *Jatropha gossypiifolia*; primavera, *Samyda dodecandra*; tabacuelo, *Pictetia sulcata*; reselesuele, *Randia aculeata*, y buzunuco, *Hamelia patens*. Entre las herbáceas se hallan: *Bothriochloa pertusa*; yerba de guinea, *Panicum maximum*, y pangola, *Digitaria decumbens*, como principales especies de pastos. También hay otras poáceas o gramíneas como escoba amarga, *Parthenium hysterophorus*; bruca, *Senna uniflora*, y yerba de leche, *Euphorbia heterophylla*, entre otras. En este ambiente se destaca la maya haitiana, *Euphorbia lactea*, plantada como cerca viva para deslindar los distintos predios y la cual alcanza una gran dispersión. Las lianas más comunes son: *Distictis latiflora*, pega palo *Macfadyena unguis-cati*, bejuco caro *Cissus verticillata*, pionía *Abrus precatorius*, pimandé *Rhynchosia minima* y cascarita *Stigmaphyllon emarginatum*.

Bosque costero relicto de vegetación primaria

En la parte delantera del herbazal con árboles dispersos y detrás del manglar queda una estrecha faja de lo que fue el bosque costero primario, el cual ha sido alterado por corte de manera que hoy puede categorizarse como un bosque costero relicto de vegetación primaria (Fig. 4.1). Este bosque se desarrolla sobre el sustrato arcilloso de la parte inferior de la ladera de la montaña, en un terreno con pendiente y con una distribución aproximada hasta la cota de 4 msnm. La riqueza florística de este ambiente alcanza unas 63 especies, con una codominancia porcentual de formas arborescentes (38%) y arbustivas (33%). Entre las especies arbóreas más conspícuas se hallan el grigrí *Bucida buceras*, el guamacho *Bucida spinosa*, el almácigo *Bursera simaruba*, la

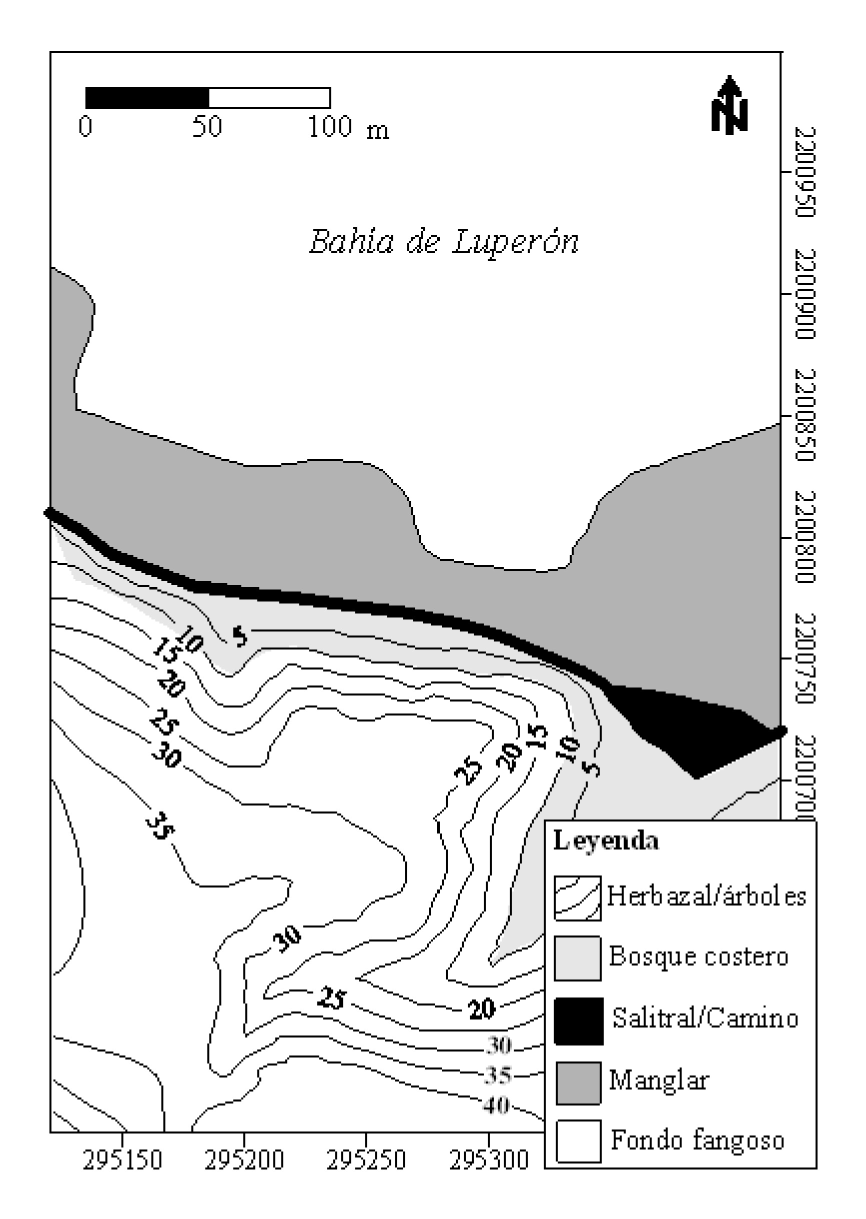


Figura 4.1. Mapa de ecosistemas terrestres y costeros en el entorno de la zona terrestre seleccionada para el presente estudio, representativa del borde del lóbulo occidental de la Bahía de Luperón. El mapa ha sido georeferenciado en Unidades Transversas de Mercator (UTM) referidas al NAD-27 para la región del Caribe. Las líneas sobre el ambiente de herbazal con árboles indican las cotas de altura desde 5 hasta 40 msnm.

canela *Canella winterana* y el jobobán *Trichilia hirta*, pero la mayor dominancia corresponde al cambrón prieto *Acacia macracantha,* especie altamente invasiva luego que se retira la vegetación primaria. En el estrato arbustivo se encuentran el escobón *Eugenia foetida*, el palo de leche *Tabernaemontana citrifolia* y la guayabita *Psidium dictyphyllum*, entre otras.

Algunas especies herbáceas son: guaucí *Ruellia tuberosa*, juana la blanca *Spermacoce assurgens*, cabuya *Furcraea tuberosa*, bruca *Senna occidentalis* y maya *Bromelia pinguin*. Las lianas más comunes son: jaquimey *Hippocratea volubilis,* timacle *Chiococca alba*, aruña canilla *Oplonia spinosa,* fríjol cimarrón *Capparis flexuosa* y bejuco caro *Cissus verticillata.*

Vegetación ribereña

Este tipo de ambiente se halló solamente asociado a la Cañada La Alhorrada. Se trata de la vegetación que cubre ambas márgenes de la cañada que posee características propias por desarrollarse en la cercanía de una fuente de agua. Sin embargo, esta cañada ha sido totalmente desmantelada producto del proceso de urbanización y la contaminación de sus aguas y solo se conservan algunos manglares en su desembocadura. En sustitución de la vegetación primaria existe una vegetación arbórea y arbustiva plantada, principalmente frutales y plantas ornamentales o de sombra, pues muchas viviendas han sido construidas cerca del mismo cauce.

Entre la vegetación arborescente y arbustiva asociada a la cañada se observan las siguientes especies: amapola *Spathodea campanulata*, flamboyán *Delonix regia*, aguacate *Persea americana,* álamo *Thespesia populnea*; nim *Azadirachta indica*, cayena *Hibiscus rosasinensis*, jagua *Genipa americana* y guanábana *Annona muricata*. Entre las herbáceas, se hallan: yerba de jicotea *Ludwigia octovalvis,* papiro *Cyperus alternifolius,* bleo *Amaranthus spinosus*, rabo de gato *Achyranthes aspera* y pinito *Conyza canadensis*. La riqueza florística de este ambiente alcanza unas 52 especies, con una dominancia porcentual de formas herbáceas (50%).

ECOSISTEMAS COSTEROS Y MARINOS

En el presente estudio se definieron nueve ecosistemas o ambientes costeros y marinos (Tabla 4.1). Aunque no en la misma medida que los ecosistemas terrestres, los ecosistemas costeros y marinos han sufrido también la influencia antrópica, particularmente aquellos ubicados en el interior de la bahía, según se discute en el último apartado dedicado a los impactos ambientales actuales.

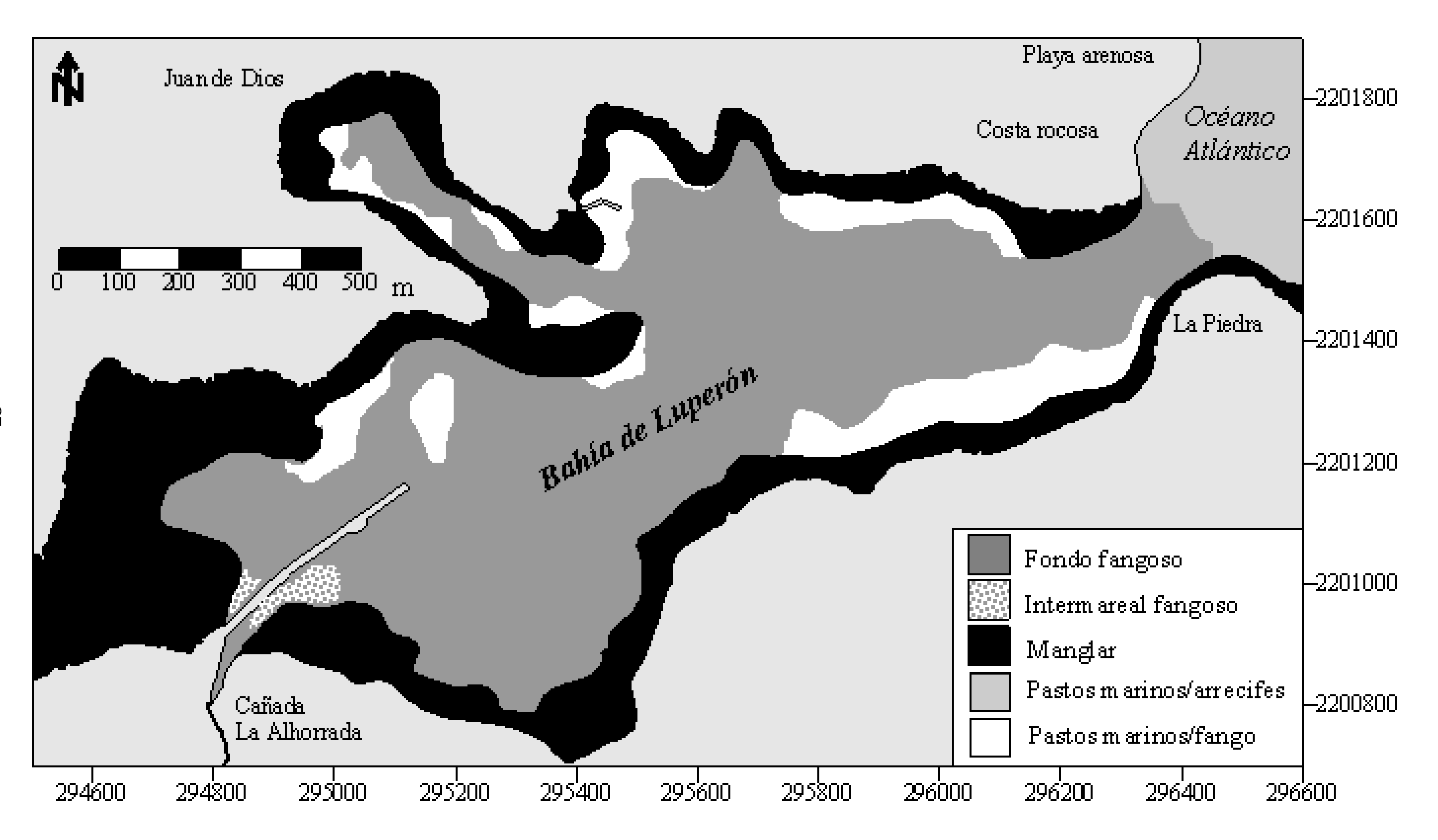
Bosque de manglar

Con una extensión de unos 400,000 m² en todo el borde del lóbulo occidental de la Bahía de Luperón (Fig. 4.2), el bosque de manglar constituye el más extenso e importante de los ecosistemas costeros. Este bosque se presenta, de modo general, como una franja arbustiva de mangles de porte bajo y aspecto “achaparrado”, con predominio de mangle rojo (*Rhizophora mangle*), detrás del cual hay árboles de mayor porte de mangle amarillo *Avicennia germinans*. El mangle blanco *Laguncularia racemosa* y mangle botón *Conocarpus erectus* son más escasos. De acuerdo a la clasificación de Snedaker y Getter (1985), tomando en cuenta los gradientes topográficos y la exposición a inundaciones, los manglares de la Bahía de Luperón pueden categorizarse como de borde, definidos como aquellos que están situados a lo largo de litorales ligeramente inclinados, frecuentemente expuestos y que reciben oleajes entre moderados a suaves.

Además de su extraordinario valor paisajístico, este ecosistema cumple, regionalmente, importantes funciones ecológicas. En primer lugar, dado que gran parte del bosque de manglar se halla en las partes bajas de las cuencas (y delante de las elevaciones), sirven como controladores de la sedimentación y estabilizadores del borde costero. Los manglares también juegan un importante rol ecológico para la biota terrestre y marina. Más de la mitad de las aves inventariadas para la Bahía de Luperón en este estudio están -como veremos- relacionadas con el manglar. Para la flora y

Figura 4.2. Mapa georeferenciado de los principales ecosistemas costeros y marinos en el lóbulo occidental de la Bahía de Luperón.




N
Juan de Dios
Playa arenosa
Costa rocosa
Océano Atlántico
La Piedra
Bahía de Luperón
Cañada La Alhorrada
0 100 200 300 400 500 m
Fondo fangoso
Intermareal fangoso
Manglar
Pastos marinos/arrecifes
Pastos marinos/fango
2201800
2201600
2201400
2201200
2201000
2200800
294600
294800
295000
295200
295400
295600
295800
296000
296200
296400
296600

fauna costera y marina, el manglar ofrece refugio, sustrato y alimento a numerosas especies que habitan entre y sobre sus raíces, además de las presentes en el suelo del manglar, donde las poblaciones de cangrejos -en particular *Cardisoma guanhumi*- han constituido tradicionalmente un importante recurso pesquero local. Finalmente, los mangles juegan un papel determinante en la productividad de la bahía con el aporte de hojarasca y son, de hecho, los responsables de las características físico-químicas de los sedimentos fangosos del área interior.

Salados

Para los fines de este estudio se ha denominado salado a una franja cenagosa de terreno de unos 1,500 m², ubicada detrás del manglar (Fig. 4.1) que posee suelos hipersalinos que se inundan periódicamente con agua de mar. Por sus condiciones extremas, su riqueza florística es muy baja (9 especies). La vegetación halófila es la principal colonizadora y en algunas partes no crece ningún tipo de vegetación, mientras que en otras aparecen principalmente herbáceas y escasos árboles. En este ambiente la especie dominante es la barilla *Batis maritima*, que codomina con otras especies como *Reimarochloa brasiliensis*, *Heliotropium curassavicum* y *Lycium americanum*. Tres especies arbóreas penetran a esta franja: el mangle amarillo *Avicennia germinans*, el mangle negro *Laguncularia racemosa* y la uva de playa *Coccoloba uvifera*. También crece la liana pata de chivo, *Ipomoea pes-caprae*.

Esta zona ecológica no tiene una gran extensión ni un valor especial como ecosistema debido a su reducida diversidad florística y faunística, pero en el área terrestre estudiada tiene una importancia microlocalizada ya que constituye el elemento de la cuenca que recibe –esporádicamente y cada vez en menor cantidad- las aguas que drenan de las elevaciones, lo que le confiere un cierto carácter de filtro biológico al igual que el manglar que le precede.

Laguna de marea

Aunque este ambiente se encuentra en los límites del área estudiada se debe señalar que al Noroeste de la Bahía de Luperón

(Coordenadas UTM 294250 E / 2201147N) se ubica una depresión inundada que hemos denominado como laguna de marea. Se trata de una extensión variable de terreno (unos 50 m de largo en el momento de nuestra visita), rodeada de manglares, donde el nivel del agua fluctúa con el régimen de mareas. Este ambiente tiene grandes fluctuaciones por lo que no sustenta una biodiversidad de importancia, además de que se encuentra ubicado en un terreno antropizado donde abundan los desechos sólidos. Sin embargo, sí es de valor para la avifauna local que encuentra en esta área un sitio de alimentación.

Playa arenosa

La playa arenosa es un ecosistema exclusivo de las áreas más externas de la bahía (Fig. 4.2), donde existen condiciones propicias para la acumulación de los sedimentos de arena media a arena gruesa (diámetro medio de partículas de 0.69 mm), fundamentalmente de origen biogénico. La playa arenosa más interna se encuentra entre las Coordenadas UTM 296327 E/ 2201756 N y 296332 E/ 2201703 N y se trata de una estrecha franja de arena fina -actualmente en crecimiento- de unos 100 m que limita el fin del manglar que bordea todo el interior de la bahía y el comienzo de la costa rocosa que continua fuera de la bahía. Esta playa tiene una vegetación típica de batatilla *Ipomoea prescapae*, uva caleta *Coccoloba uvifera* y cambrón *Prosopis juliflora* y se observa gran acumulación de desechos sólidos en su parte trasera. La mayor extensión de playa arenosa se encuentra fuera de la bahía, donde este ecosistema pasa a ser dominante. Entre las Coordenadas UTM 295749 E/ 2202332 N y 295457 E/ 2202540 N se encuentra la playa del Hotel Luperón Beach Resort, conocida como Playa Grande.

La mayor importancia actual de las playas arenosas radica básicamente en su valor recreativo y turístico para la población local, ya que las mismas son de excelente calidad. Las playas de Luperón también han sido históricamente importantes por encontrarse entre las áreas del país donde ocurren anidamientos de varias especies de tortugas marinas, aunque no tenemos datos actuales.

Costa rocosa baja/ acantilada

La costa rocosa ocupa un escaso porcentaje de la longitud total de la bahía y su distribución está limitada a su región externa (Fig. 4.2), donde por su altura y complejidad estructural domina en el paisaje de la entrada de la bahía. Los acantilados externos en contacto directo con las aguas oceánicas son pobres en fauna costera. La misma está representada solo por algunas especies de la zonación típica de moluscos distribuida en franjas y en general, las macroalgas son escasas debido posiblemente a la intensidad del batimiento. La costa rocosa juega un papel protectivo importante contra la acción del oleaje y cuando aparece como farallones aporta un elemento distintivo al escenario costero.

Intermareal fangoso

Se trata de dos parches de sustrato fangoso formados por los cambios inducidos en la dinámica de los sedimentos tras la construcción del Muelle de Luperón (Fig. 4.2). El primer parche está ubicado en el área de influencia del aporte de la Cañada La Alhorrada, donde se crea una zona de acumulación que emerge durante el vaciante de marea. Esta zona se reduce durante las crecidas, que provocan el arrastre de los sedimentos y se hace evidente nuevamente en los períodos de escaso flujo. El segundo parche está ubicado al Norte del Muelle, donde se creó un área semicerrada que favorece la acumulación de los sedimentos y presenta una expansión de mangle negro. Esta región debe ser más estable que la anterior pues está aislada de la cañada y por tanto, no está expuesta a los arrastres de los sedimentos durante las crecidas.

A pesar de su pequeño tamaño estos ambientes constituyen un sitio relevante para la alimentación de las aves y de hecho, un importante grupo de especies está asociado a éstos. Sin embargo, la biodiversidad marina es reducida en estos ambientes, donde las elevadas concentraciones de materia orgánica y la inestabilidad del sustrato no permiten un gran desarrollo de la fauna, salvo algunos poliquetos y cangrejos cavadores adaptados a estas condiciones y que forman parte de la dieta de la avifauna.

Fondos fangosos

Los fondos fangosos de color gris claro-oscuro caracterizan la mayor parte del interior de la Bahía de Luperón (Fig. 4.2) y tipifican su área, donde la escasa renovación y el intenso aporte del manglar favorecen la sedimentación de partículas finas, cuyo diámetro medio es igual o menor de unos 0.10 mm. Por la inestabilidad del sustrato, la carencia de hábitats y las condiciones físicas y químicas extremas, los fondos fangosos no sustentan una alta biodiversidad y de hecho, la macrovegetación está ausente y la fauna de invertebrados posee una baja diversidad, donde el chichote *Melongena melongena* se destaca como la especie más importante dentro de los gastrópodos y la almeja *Chione canellata*, dentro de los bivalvos. No obstante, estos fondos constituyen el reservorio de materia orgánica que se exporta a los ecosistemas costeros vecinos y el sitio donde los peces demersales que habitan en la bahía encuentran su alimentación en el detritus y la microfauna bentónica asociada.

Pastos marinos sobre fondos fangosos

Los pastos marinos sobre fondo fangoso aparecen representados por parches estrechos en algunas áreas microlocalizadas de la bahía muy correlacionados con la topografía del fondo y generalmente asociados a los manglares. También pueden observarse pequeños parches hacia el centro de la bahía en zonas de escasa profundidad (Fig. 4.2), si bien estos últimos pueden desaparecer o modificarse producto de las frecuentes acciones de dragado.

Estas zonas representan en realidad ambientes marginales con características propias, donde la granulometría de los sedimentos se ve modificada por el intenso aporte de algas calcáreas. Puntualmente contribuyen a incrementar la diversidad y abundancia de algas e invertebrados al ofrecer un hábitat arquitectónicamente más complejo que los fondos fangosos vecinos. Tales características lo convierten en ambientes ideales para el reclutamiento de los estadíos tempranos de diferentes especies y de hecho, los parches que se ubican en la porción más externa de

la bahía han constituido tradicionalmente sitios de reclutamiento y desarrollo de postlarvales y juveniles de la langosta espinosa *Panulirus argus*.

Pastos marinos sobre fondos arenosos

Los pastos marinos sobre fondos arenosos se desarrollan más extensamente hacia la boca de la bahía (Fig. 4.2), donde el cambio de sustrato, la reducción de la turbidez y la influencia del agua oceánica ofrecen condiciones más favorables para el desarrollo de la vegetación. En esta área las praderas de fanerógamas marinas, asentadas sobre sustrato arenoso, dominan en extensión representadas principalmente por *Thalassia testudinum* y *Syringodium filiforme*, que forman parches monoespecíficos o mixtos, moderados o densos, alternados con una gran diversidad de macroalgas, principalmente clorófitas.

Estas praderas de pastos marinos, interrumpidas en tramos por franjas de arena, cubren el fondo desde prácticamente la orilla hasta una profundidad de unos 4 m en el centro del canal de entrada de la bahía. *Syringodium filiforme* tiende a dominar en las áreas más someras, con menos de 0.3 m de profundidad y se va mezclando con *Thalassia testudinum* en la medida que nos alejamos de la costa, donde esta última especie comienza a ser dominante.

Al incrementarse la profundidad hacia el exterior de la bahía, las áreas de pastos marinos se alternan con áreas arenosas y/o rocosas como antesala de los arrecifes coralinos que se desarrollan en la región externa más profunda. La diversidad de microhábitats producto de los cambios de la topografía del fondo y la alternancia de zonas de arena, roca, fanerógamas y macroalgas ofrece condiciones para una elevada diversidad de flora y fauna marina. El elemento más conspicuo de la macrofauna lo constituye el erizo blanco *Tripneustes ventricosus*, cuyas poblaciones alcanzan una elevada densidad en esta zona.

Por su extensión e importancia ecológica y pesquera, los fondos de pastos marinos constituyen un ecosistema importante en la región al ser zonas de gran productividad biológica, donde tiene lugar el refugio y alimentación de juveniles y subadultos de la langosta *Panulirus argus*, que constituye localmente un recurso pesquero importante. Las praderas de pastos marinos locales también son importantes como estabilizadoras del fondo –especialmente en esa zona de cambio en el oleaje- y recicladoras y exportadoras de nutrientes a otros ecosistemas marinos como los arrecifes coralinos que crecen en el exterior.

Arrecifes coralinos

Los arrecifes coralinos se desarrollan exclusivamente fuera de la Bahía de Luperón, donde existen condiciones típicamente oceánicas (Fig. 4.2). Se trata de un arrecife del tipo costero, con una explanada rocosa extensa que se desarrolla hasta unos 4 m de profundidad y sobre la cual existe un amplio crecimiento de octocoralios plumosos principalmente *Pseudopterogorgia americana*.

Esta explanada rocosa somera gana rápidamente en profundidad con una abrupta pendiente hasta el arrecife profundo. En la pendiente arrecifal el crecimiento coralino es mayor en aquellas zonas donde la inclinación de la pared favorece el drenaje de los sedimentos, pues el arrecife está influido por las partículas provenientes de la Bahía de Luperón que son transportadas hacia la zona costera durante el vaciante de marea, pero que se refuerzan durante las esporádicas crecidas de la Cañada La Alhorrada.

El arrecife coralino tiene una especial importancia pues constituye un sitio de alta diversidad de especies de valor ecológico y pesquero, incluido los stock de adultos, cuyas crías pasan parte de su ciclo de vida en el interior de la bahía. Desde el punto de vista turístico los arrecifes tienen la importancia de ser los responsables de la construcción y mantenimiento de las playas locales y además, la base del ecoturismo de buceo que explota la belleza de los paisajes submarinos arrecifales.

FLORA Y FAUNA TERRESTRE

Flora

De acuerdo a los inventarios realizados por B. Peguero, la flora de la región terrestre estudiada está compuesta por 180 especies correspondientes a 153 géneros pertenecientes a 61 familias (Tabla 4.2). Por su forma de vida o tipos biológicos, del total de especies reportadas 60 son árboles, 45 arbustos, 43 herbáceas, 25 lianas (trepadoras y reptantes), cuatro estípites o palmas, dos epífitas y una parásita. Considerando su estatus biogeográfico, las 181 especies reportadas se dividen en 9 endémicas, incluyendo una de distribución regional (*Senna polyphylla* var. *montis-christi*), 138 nativas y 34 exóticas, de las cuales hay 23 que crecen espontáneamente y 11 plantadas.

Los inventarios florísticos sirvieron como base para un análisis de clasificación numérica con el interés de determinar las similitudes entre ambientes y ecosistemas en un gradiente desde tierra hacia la costa. Para ello, los resultados del inventario florístico de las especies arbustivas presentes en cada ambiente fueron convertidos a datos de presencia-ausencia (1 y 0) y empleando el índice de Sorensen (1948), como medida de afinidad, se calculó la similitud porcentual entre ecosistemas y ambientes. Este índice se define como $S=2a/b+c$, donde a es el número de especies compartidas y b y c son los números de especies respectivos en las estaciones que se comparan (Herrera, 2001).

Debemos aclarar que si bien el inventario general consta de 180 especies, en el análisis de clasificación solo se usaron las 106 arbustivas, pues en los estudios de la flora el uso de todas las especies para la clasificación normal puede tener el inconveniente de influir en la reducción global de la afinidad, al estar mezclados especies de tipos biológicos muy diferentes. Por ello, se recomienda ensayar con las especies más abundantes o las pertenecientes a un mismo estatus biológico, con las cuales se encuentran generalmente patrones más claros y contrastes de afinidad en un mayor intervalo (Herrera *et al.*, en prensa).

Tabla. 4. 2. Flora inventariada en la región terrestre estudiada en la Bahía de Luperón. *Tipo biológico* (TB): A. Árbol, Ar. Arbusto o arbustiva, H. Hierba, L. Liana, Ep. Epífita, P. Parásita, ES. Estípite. *Estatus biogeográfico* (SB): E. Endémica, Er. Endémica regional, N. Nativa, Nat. Naturalizada, I. Introducida, C. Cultivada. *Ecosistemas/Ambientes*: M: Manglar. SA. Saladar, BC: Bosque costero relicto, HP: Herbazal con árboles dispersos, VR: vegetación ribereña. Las cruces indican la presencia de la especie en el ambiente correspondiente. El orden de la tabla es alfabético por familias.

Familia	Especie	Nombre Común	TB	SB	M	SA	BC	HP	VR
Avicenniaceae	*Avicennia germinans*[1]	Mangle amarillo	A	N	X	X			
Combretaceae	*Conocarpus erectus var. erectus*[1]	Mangle boton	A	N	X				
Combretaceae	*Laguncularia racemosa*[1]	Mangle blanco	A	N	X	X			
Rhizophoraceae	*Rhizophora mangle*[1]	Mangle rojo	A	N	X				
Bataceae	*Batis maritima*	Barrilla	H	N		X			
Boraginaceae	*Heliotropium curassavicum*		H	N		X			
Convolvulaceae	*Ipomoea pes-caprae*	Pata de chivo	L	N		X			
Poaceae	*Reimarochloa brasiliensis*	Pajón	H	N		X			
Polygonaceae	*Coccoloba uvifera*	Uva de playa	A	N		X			
Rubiaceae	*Chiococca alba*	Timacle	L	N		X			
Solanaceae	*Lycium americanum*	Vidrio	Ar	N		X			
Acanthaceae	*Oplonia spinosa*	Aruña canilla	L	N			X		
Agavaceae	*Furcraea tuberosa*	Cabuya	H	N			X		
Asteraceae	*Gochnatia cf. microcephala* var. *buchii*		Ar	E			X		
Bromeliaceae	*Bromelia pinguin*	Maya	H	N			X		

Tabla. 4. 2. Continuación.

Familia	Especie	Nombre Común	TB	SB	M	SA	BC	HP	VR
Bromeliaceae	*Tillandsia balbisiana*	Piña de palo	Ep	N			X		
Cactaceae	*Hylocereus undatus*[2]	Pitajaya	Ep	N			X		
Caesalpiniaceae	*Senna polyplylla* var. *montis-christi*[3]		Ar	E			X		
Canellaceae	*Canella winterana*	Canela	A	N			X		
Capparaceae	*Capparis flexuosa*	Frijol cimarron	L	N			X		
Celastraceae	*Crossopetalum rhacoma*		Ar	N			X		
Celastraceae	*Maytenus buxifolia*		Ar	N			X		
Combretaceae	*Bucida buceras*[1]	Grígrí	A	N			X		
Combretaceae	*Bucida spinosa*	Guamacho	A	N			X		
Flacourtiaceae	*Casearia guianensis*	Palo blanco	Ar	N			X		
Lauraceae	*Ocotea coriacea*	Cigua blanca	A	N			X		
Malpighiaceae	*Malpighia cnide*	Cereza cimarrona	Ar	N			X		
Mimosaceae	*Pithecellobium unguis-cati*	Uña de gato	A	N			X		
Moraceae	*Maclura tinctorea*	Mora	A	N			X		
Myrtaceae	*Eugenia foetida*	Escobón	Ar	N			X		
Myrtaceae	*Eugenia ligustrina*	Escobón	Ar	N			X		
Myrtaceae	*Psidium dictyophyllum*	Guayabita	Ar	E			X		
Polygonaceae	*Coccoloba venosa*	Guarapa	A	N			X		
Rhamnaceae	*Krugiodendron ferreum*	Quiebrahacha	A	N			X		

Tabla. 4. 2. Continuación.

Familia	Especie	Nombre Común	TB	SB	M	SA	BC	HP	VR
Rhamnaceae	*Ziziphus rignonii*	Pancho prieto	A	N			X		
Sapindaceae	*Exothea paniculata*	Cuerno de buey	A	N			X		
Sapindaceae	*Thouinia trifoliata*		A	N			X		
Sapindaceae	*Thouinidium pinnatum*		A	N			X		
Sapindaceae	*Serjania polyphylla*	Bejuco costilla	L	N			X		
Sapotaceae	*Sideroxylon foetidissimum*	Caya amarilla	A	N			X		
Sapotaceae	*Pouteria dictyoneura*		A	N			X		
Solanaceae	*Capsicum frutescens*	Ají montesino	Ar	N			X		
Verbenaceae	*Lantana camara* var. *camara*	Doña sanica	Ar	N			X		
Apocynaceae	*Echites umbellata*		L	N			X	X	
Apocynaceae	*Tabernaemontana citrifolia*	Palo de leche	Ar	N			X	X	
Bignoniaceae	*Distictis latiflora*		L	N			X	X	
Bignoniaceae	*Macfadyena unguis-cati*	Pega palo	L	N			X	X	
Boraginaceae	*Cordia mirabiloides*	Mala mujer	Ar	N			X	X	
Burseraceae	*Bursera simaruba*	Almácigo	A	N			X	X	
Ebenaceae	*Diospyrus caribaea* var. *urbaniana*	Maboa	A	E			X	X	
Euphorbiaceae	*Dalechampia scandens*	Gratey	L	N			X	X	
Fabaceae	*Pictetia sulcata*	Tachuela	Ar	E			X	X	

Tabla. 4. 2. Continuación.

Familia	Especie	Nombre Común	TB	SB	M	SA	BC	HP	VR
Flacourtiaceae	*Casearia aculeata*	Caborí	Ar	N			X	X	
Flacourtiaceae	*Samyda dodecandra*	Primavera	Ar	N			X	X	
Hippocrateaceae	*Hippocratea volubilis*	Jaquimey	L	N			X	X	
Malpighiaceae	*Bunchosia glandulosa*	Cabrita	A	N			X	X	
Meliaceae	*Trichilia hirta*	Jobobán	A	N			X	X	
Menispermaceae	*Cissampelos pareira*	Bejuco ratón	L	N			X	X	
Mimosaceae	*Acacia macracantha*	Cambrón prieto	A	N			X	X	
Mimosaceae	*Albizia lebbeck*	Cha-chá	A	Nat			X	X	
Nyctaginaceae	*Pisonia aculeata*	Uña de gato	L	N			X	X	
Picramnaceae	*Picramnia pentranda*	Palo de peje	Ar	N			X	X	
Rubiaceae	*Randia aculeata*	Reselesuele	Ar	N			X	X	
Rutaceae	*Zanthoxylum fagara*	Uña de gato	Ar	N			X	X	
Sapotaceae	*Chrysophyllum oliviforme*	Caimito de perro	A	N			X	X	
Sterculiaceae	*Guazuma tomentosa*	Guasuma	A	N			X	X	
Verbenaceae	*Lantana involucrata*	Doña sanica	Ar	N			X	X	
Vitaceae	*Cissus verticillata*	Bejuco caro	L	N			X	X	
Acanthaceae	*Blechum pyramidatum*		H	N				X	
Anacardiaceae	*Anacardium occidentale*	Cajuil	A	Nat				X	
Anacardiaceae	*Mangifera indica*	Mango	A	I-C				X	

Tabla. 4. 2. Continuación.

Familia	Especie	Nombre Común	TB	SB	M	SA	BC	HP	VR
Apocynaceae	*Mesechites repens*		L	N				X	
Apocynaceae	*Rauvolfia canescens*		Ar	N				X	
Apocynaceae	*Rauvolfia nitida*	Palo de leche	A	N				X	
Arecaceae	*Sabal domingensis*	Cana	ES	E				X	
Arecaceae	*Coccothrinax argentea*	Guano	ES	N				X	
Asclepiadaceae	*Calotropis procera*	Algodón de seda	Ar	Nat				X	
Asteraceae	*Eupatorium odoratum*	Rompezaragüey	Ar	N				X	
Asteraceae	*Tridax procumbens*	Pincellito	H	N				X	
Boraginaceae	*Bourreria domingensis*		Ar	E				X	
Boraginaceae	*Cordia nitida*	Palo de gallina	A	N				X	
Boraginaceae	*Tournefortia hirsutissima*	Nigua	L	N				X	
Boraginaceae	*Tournefortia volubilis*		L	N				X	
Caesalpiniaceae	*Cassia grandis*	Chácaro	A	N				X	
Caesalpiniaceae	*Senna uniflora*	Bruca	Ar	N				X	
Caesalpiniaceae	*Senna atomaria*	Hueso de chivo	Ar	N				X	
Capparaceae	*Capparis frondosa*	Ramon de burro	Ar	N				X	
Convolvulaceae	*Ipomoea indica*	Guatavo	L	N				X	
Convolvulaceae	*Merremia quinquefolia*	Viní-viní	L	N				X	

Tabla. 4. 2. Continuación.

Familia	Especie	Nombre Común	TB	SB	M	SA	BC	HP	VR
Euphorbiaceae	*Euphorbia lactea*	Maya haitiana	Ar	I-C				X	
Euphorbiaceae	*Jatropha gossypiifolia*	Túa-túa	Ar	Nat				X	
Fabaceae	*Abrus precatorius*	Pionía	L	Nat				X	
Fabaceae	*Clitoria ternatea*	Diversión	L	Nat				X	
Fabaceae	*Crotalaria incana*	Maraquita	H	N				X	
Fabaceae	*Crotalaria retusa*	Barraquito	H	N				X	
Fabaceae	*Desmodium affine*	Amor seco	H	N				X	
Fabaceae	*Galactia striata*		L	N				X	
Fabaceae	*Rhynchosia minima*	Pimandé	L	N				X	
Fabaceae	*Stylosanthes hamata*	Crica	H	N				X	
Malpighiaceae	*Stigmaphyllon emarginatum*	Cascarita	L	N				X	
Malvaceae	*Wissadula amplissima*	Malva blanca	H	N				X	
Mimosaceae	*Prosopis juliflora*	Bayajonda	A	Nat				X	
Mimosaceae	*Samanea saman*	Samán	A	Nat				X	
Moraceae	*Ficus crocata*	Jaguey	A	N				X	
Moraceae	*Ficus trigonata*	Higo	A	N				X	
Muntingiaceae	*Muntingia calabura*	Memiso	A	N				X	
Myrtaceae	*Psidium guajava*	Guayabo	Ar	N				X	

Tabla. 4. 2. Continuación.

Familia	Especie	Nombre Común	TB	SB	M	SA	BC	HP	VR
Papaveraceae	*Argemone mexicana*	Cardo santo	H	N				X	
Poaceae	*Digitaria decumbens*	Pangola	H	Nat				X	
Poaceae	*Panicum maximum*	Yerba de guinea	H	Nat				X	
Polygonaceae	*Coccoloba diversifolia*	Uva de Sierra	A	N				X	
Rhamnaceae	*Colubrina arborescens*	Corazón paloma	A	N				X	
Rubiaceae	*Guettarda prenleloupii*		Ar	E				X	
Rubiaceae	*Hamelia patens*	Buzunuco	Ar	N				X	
Rutaceae	*Citrus aurantifolia*	Limón	Ar	Nat				X	
Rutaceae	*Citrus aurantium*	Naranja	A	Nat				X	
Rutaceae	*Zanthoxylum martinicense*	Pino de teta	A	N				X	
Sapindaceae	*Melicoccus bijugatus*	Limoncillo	A	Nat				X	
Solanaceae	*Solanum cf. erianthum*	Tabacón	Ar	N				X	
Solanaceae	*Cestrum diurnum*		Ar	Nat				X	
Sterculiaceae	*Melochia tomentosa*		Ar	N				X	
Tiliaceae	*Corchorus siliquosus*	Malva fé	H	N				X	
Tiliaceae	*Triunfetta semitriloba*	Cadillo	Ar	N				X	
Verbenaceae	*Citharexylum fruticosum*	Penda	A	N				X	
Verbenaceae	*Lantana camara* var. *aculeata*	Doña sanica	Ar	N				X	
Viscaceae	*Dendrophthora* cf. *cubensis*	Conde de palo	P	N				X	

Tabla. 4. 2. Continuación.

Familia	Especie	Nombre Común	TB	SB	M	SA	BC	HP	VR
Arecaceae	*Roystonea hispaniolana*[1]	Palma real	ES	E				X	X
Asteraceae	*Conyza Canadensis*	Pinito	H	N				X	X
Asteraceae	*Parthenium hysterophorus*	Escoba amarga	H	N				X	X
Bignoniaceae	*Catalpa longissima*	Roble	A	N				X	X
Bignoniaceae	*Spathodea campanulata*	Amapola	A	Nat				X	X
Boraginaceae	*Heliotropium angiospermum*	Alacrancillo	H	N				X	X
Caesalpiniaceae	*Tamarindus indica*	Tamarindo	A	I-C				X	X
Capparaceae	*Cleome viscosa*	Tabaquillo	H	N				X	X
Euphorbiaceae	*Chamaesyce hirta*	Malcasá	H	N				X	X
Euphorbiaceae	*Euphorbia heterophylla*	Yerba lechera	H	N				X	X
Euphorbiaceae	*Ricinus communis*	Higuereta	Ar	Nat				X	X
Fabaceae	*Alysicarpus vaginalis*	Crica	H	N				X	X
Fabaceae	*Gliricidia sepium*	Piñón cubano	A	I-C				X	X
Lamiaceae	*Leonotis nepetifolia*	Molenillo	H	N				X	X
Lamiaceae	*Ocimum gratissimum*	Albahaca	Ar	Nat				X	X
Lauraceae	*Persea americana*	Aguacate	A	I-C				X	X
Malvaceae	*Malachra alceifolia*	Malva	H	N				X	X
Malvaceae	*Malvastrum corchorifolium*	Malva	H	N				X	X

Tabla. 4. 2. Continuación.

Familia	Especie	Nombre Común	TB	SB	M	SA	BC	HP	VR
Nyctaginaceae	*Boerhavia erecta*	Tostón	H	N				X	X
Passifloraceae	*Passiflora edulis*	Chinola	L	Nat				X	X
Poaceae	*Bothriochloa pertusa*	Pajón haitiano	H	N				X	X
Poaceae	*Chloris inflata*	Cabeza de indio	H	N				X	X
Poaceae	*Cynodon nlemfuense*	Yerba bermuda	H	Nat				X	X
Portulacaceae	*Portulaca oleracea*	Verdolaga	H	N				X	X
Scrophulariaceae	*Capraria biflora*	Fregosa	H	N				X	X
Sterculiaceae	*Waltheria indica*	Malva	Ar	N				X	X
Verbenaceae	*Stachytarpheta jamaicensis*	Verbena	Ar	N				X	X
Arecaceae	*Cocos nucifera*	Coco	ES	I-C					X
Caesalpiniaceae	*Delonix regia*	Flamboyant	A	Nat					X
Caesalpiniaceae	*Senna siamea*	Casia amarilla	A	I-C					X
Combretaceae	*Terminalia catappa*	Almendra	A	Nat					X
Cyperaceae	*Cyperus alternifolius*	Papiro	H	N					X
Cyperaceae	*Cyperus rotundus*	Coquillo	H	N					X
Fabaceae	*Lonchocarpus domingensis*	Anón de río	A	N					X
Fabaceae	*Sesbania sericea*		Ar	N					X
Malvaceae	*Hibiscus rosa-sinensis*	Cayena	Ar	I-C					X

Tabla. 4. 2. Continuación.

Familia	Especie	Nombre Común	TB	SB	M	SA	BC	HP	VR
Malvaceae	*Thespesia populnea*	Álamo	A	N					X
Meliaceae	*Swietenia macrophylla*	Caoba hondureña	A	I-C					X
Moringaceae	*Moringa oleifera*	Libertad, moringa	A	I-C					X
Musaceae	*Musa paradisiaca*	Plátano	H	I-C					X
Onagraceae	*Ludwigia octovalvis*	Yerba jicotea	H	N					X
Poaceae	*Cynodon dactylon*	Yerba fina	H	N					X
Rubiaceae	*Genipa americana*	Jagua	A	N					X
Caesalpiniaceae	*Senna occidentalis*	Bruca	H	N			X		X
Meliaceae	*Azadirachta indica*	Nim	A	Nat			X		X
Amaranthaceae	*Achyranthes aspera*	Rabo de gato	H	N				X	X
Amaranthaceae	*Amaranthus spinosus*	Bleo	H	N				X	X
Annonaceae	*Annona muricata*	Guanabana	A	N				X	X
Acanthaceae	*Ruellia tuberosa*	Guaucí	H	N			X	X	X
Anacardiaceae	*Spondias monbin*	Jobo de puerco	A	N			X	X	X
Mimosaceae	*Leucaena leucocephala*	Leucaena	Ar	Nat			X	X	X
Rubiaceae	*Spermacoce assurgens*	Juana la blanca	H	N			X	X	X

[1] Protegida por leyes nacionales. [2] Protegida por convenios internacionales. [3] Especie de rareza demográfica.

Tabla 4.3. Matriz de similitud cualitativa entre los ecosistemas y ambientes terrestres y costeros de la Bahía de Luperón, sobre la base de su composición florística.

	Manglar	Salado	Bosque costero	Herbazal	Vegetación ribereña
Manglar	100.0				
Salado	57.2	100.0			
Bosque costero	0	0	100.0		
Herbazal	0	0	34.9	100.0	
Vegetación ribereña	0	0	6.3	24.1	100.0

Los resultados de este breve ensayo clasificatorio mostraron dos grupos de ecosistemas o ambientes bien diferenciados, cuyos valores originales de similitud se indican en la Tabla 4.3 y sus agrupamientos se muestran en la Fig. 4.3. El primer grupo está formado por el bosque de manglar y el salado trasero que poseen una similitud relativamente alta (57.2%) y constituyen el grupo de ambientes más representativos del borde costero, compartiendo algunas especies arbustivas del manglar, como el mangle amarillo y el mangle blanco, cuya distribución en la zonación del bosque suele extenderse tierra adentro.

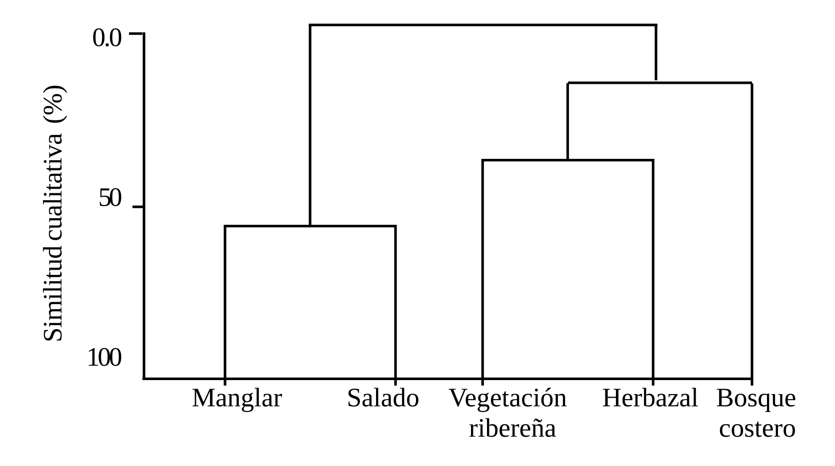


Figura 4.3. Dendrograma de la clasificación normal (por ambientes) de los datos cualitativos de la flora terrestre de Luperón, considerando solo las 106 especies arbustivas.

El segundo grupo está formado por los ambientes del bosque costero, el herbazal y la vegetación ribereña. Estos dos últimos representan la situación de la flora actual de la región, con un gran incremento de especies colonizadoras secundarias que han reemplazado el bosque original, especies introducidas para la agricultura y otras de huertos y jardines caseros. Por ello, forman un conjunto con una afinidad de un 34.8%.

Al subgrupo del herbazal y la vegetación ribereña se une el bosque costero, que si bien comparte con éste algunas especies como el guaucí *Ruellia tuberosa,* jobo de puerco *Spondias monbin,* la leucaena *Leucaena leucocephala* y Juana la blanca *Spermacoce assurgens,* presenta sus particularidades florísticas como franja de transición en un área de elevada pendiente entre los ambientes que se desarrollan a mayor altura y los ambientes típicos de la planicie costera. Por ello, la unión de estos tres ambientes tiene lugar a una afinidad de 15.1%.

Los dos grupos observados en el dendograma de la Figura 4.3 se encuentran totalmente separados entre sí, lo cual refleja no solo una separación físico-espacial sino también notables diferencias topográficas, ecológicas y ambientales.

Herpetofauna

Según M. Hernández, en los inventarios realizados en el área terrestre seleccionada solo se observaron cinco especies relacionadas con el bosque de manglar y su salado trasero, el bosque costero relicto y la vegetación ribereña asociada a la Cañada La Alhorrada. Estas especies son: *Anolis cybotes, A. distichus, A. chlorocyanus, Leiocephalus personatus* y *Bufo marinus.*

Se asume que, por una parte la deforestación y por otra, la intensa sequía en la región durante la mayor parte del año, son reponsables de la escasez de representantes de este grupo, donde incluso las poblaciones de especies generalistas con una alta capacidad de adaptación como *A. cybotes* y *A. distichus,* se encuentran en una situación de declinación.

Avifauna

Según los muestreos de J. Almonte se observaron 63 especies de aves (Tabla 4.4) con una clara distribución entre los ecosistemas y ambientes estudiados en la región terrestre de la Bahía de Luperón. En el herbazal con árboles dispersos y el bosque costero relicto se observaron un total de 180 individuos pertenecientes a 17 familias y 35 especies, de las cuales 11 pueden considerarse abundantes y 24 caen en la categoría de raras (Tabla 4.4). Según su estatus, más de la mitad de las especies observadas son residentes, cuatro son endémicas, ocho migratorias y tres introducidas. Las especies con mayor número de individuos fueron el pájaro vaquero (*Molosthrus bonariensis*), de la cual se observó una bandada volando en busca de comida, el judío (*Crotophaga ani*) y el rolón (*Zenaida aurita*). Esta última especie usa el área de mangle para dormir y la vegetación costera para buscar su alimento.

Sin embargo, el manglar se reveló como el área de mayor riqueza ornitológica con 1,208 individuos pertenecientes a 12 familias, de las cuales 36 especies son comunes y 25 raras. Según su estatus, las especies observadas se dividen en: 25 residentes, 3 endémicas y 8 migratorias. En este ecosistema el mayor número de individuos correspondió a la garza ganadera (*Bubulcus ibis*), presente en dos tipos de hábitats: el manglar como dormidero y la vegetación costera en la zona ganadera para buscar sus alimentos. Otras especies abundantes son la gallareta pico rojo (*Gallinula chloropus*) que también usa una combinación de dos hábitats: el mesolitoral fangoso y el manglar; y el rolón (*Zenaida aurita*) colúmbido, cuyo uso de hábitats ya comentamos.

En los ambientes de la zona intermareal fangosa y la laguna de marea se registraron 207 individuos de 9 familias y 24 especies, de las cuales 9 se consideran abundantes y 15 son raras. De éstas 24 especies, 14 son residentes, 10 son migratorias y no se localizaron especies endémicas. Las especies residentes con mayor número de individuos en la zona fueron la viuda (*Himantopus maxicanus*), presente solo en este hábitat, y la gallareta pico rojo (*Gallinuela chloropus*).

Tabla 4.4. Especies de aves observadas por J. Almonte en la región terrestre estudiada en la Bahía de Luperón. *Estatus biogeográfico* (SB): R. Residente, E. Endémica, M. Migratoria, I. Intoducida. Presencia (PR): R. Rara, C. Común. *Ecosistemas/Ambientes*: MA: Manglar. SA. Saladar, BC: Bosque costero relicto, HP: Herbazal con árboles dispersos, VR: vegetación ribereña..

Nombre científico	Nombre común	Cantidad	PR	SB	MA/SA	HAD/BC	L/IF
Bubulcus ibis	Garza Ganadera	1020	C	R	X		
Columba leucocephala	Paloma coronita[1]	4	R	R	X		
Dendroica petechia	Canario del manglar	6	C	R	X		
Seiurus motacilla	Ciguita del río	4	R	M	X		
Coccyzus minor	Primavera	1	R	R	X	X	
Coereba flaveola	Ciguita común	4	R	R	X	X	
Crotophaga ani	Judio	14	C	R	X	X	
Dendroica magnolia	Ciguita magnolia	2	R	M	X	X	
Dendroica tigrina	Ciguita tigrina	3	R	M	X	X	
Falco sparverius	Cuyaya	3	R	R	X	X	
Geothlypis trichas	Ciguita enmascarada	2	R	M	X	X	
Melanerpes striatus	Carpintero	13	C	E	X	X	
Microligea palustris	Ciguita coliverde	3	R	E	X	X	
Mniotilta varia	Pega palo	1	R	M	X	X	
Myarchus stolidus	Manuelito	2	R	R	X	X	
Parula americana	Ciguita parula	1	R	M	X	X	
N*haenicophilus palmarun*	Cuatro ojos	4	R	E	X	X	
Protonotaria citrea	Ciguita cabeza amarilla	1	R	M	X	X	
Saurothera longirostris	Pájaro bobo	1	R	R	X	X	

Tabla 4.4. Continuación.

Nombre científico	Nombre común	Cantidad	PR	SB	MA/SA	HAD/BC	L/IF
PSeiurus aurocapillus	Ciguita saltarina	1	R	M	X	X	
Setophaga ruticilla	Bijirita	2	R	M	X	X	
Tyrannus caudifasciatus	Majuila	2	R	R	X	X	
Tyrannus dominicensis	Petigre	9	C	R	X	X	
Vireo altiloquus	Julian chiví	3	R	R	X	X	
Zenaida aurita	Rolon turco	8	C	R	X	X	
Zenaida macroura	Rolon rabiche	22	C	R	X	X	
Ardea alba	Garza real	10	C	R	X		X
Ardea herodias	Garzón cenizo	*4*	R	R	X		*X*
Butorides virescens	Cracrá	6	C	R	X		X
Egretta caerulea	Garza azul	4	R	R	X		X
Egretta rufescens	Garza rojiza	3	R	R	X		X
Egretta thula	Garza de rizos	6	C	R	X		X
Egretta tricolor	Garza pechiblanco	3	R	R	X		X
Eudocimus albus	Coco blanco	2	R	R	X		X
Gallinula chloropus	Gallareta pico rojo	27	C	R	X		X
Nyctanassa violacea	Rey congo	4	R	R	X		X
Anthracothorax dominicus	Zumbador grande	2	C	R		X	
Athene cunicularia	Cucu	2	R	R		X	
Buteo jamaicensis	Guaraguao	1	R	R		X	
Columbina passerina	Rolita	10	C	R		X	
Dulus dominicus	Cigua palmera	8	C	E		X	

Tabla 4.4. Continuación.

Nombre científico	Nombre común	Cantidad	PR	SB	MA/SA	HAD/BC	L/IF
Mellisuga minima	Zumbadorcito	3	R	R		X	
Mimus polyglottos	Ruiseñor	4	R	R		X	
Molostus banariensis	Pájaro vaquero	26	C	I		X	
Numida meleagris	Guinea	3	R	I		X	
Ploceus cucullatus	Madame saga	6	C	I		X	
Streptoprocne zonaris	Vencejo de collar	7	C	R		X	
Tiaris olivacea	Ciguita de hierba	4	R	R		X	
Tyto alba	Lechuza común	1	R	R		X	
Actitis macularia	Playerito manchado	3	R	M			X
Anas discors	Pato de la Florida	4	R	M			X
Arenaria interpres	Playero turco	2	R	M			X
Calidris pusilla	Playerito patas negras	11	C	M			X
Catoptrophorus semipalmatus	Playero aliblanco	3	R	M			X
Charadrius semipalmatus	Playerito semipalmado	33	C	M			X
Charadrius vociferus	Tiíto	12	C	R			X
Charadrius wilsonia	Playerito cabezon	12	C	M			X
Himantopus mexicanus	Viuda	35	C	R			X
Pluvialis squatarola	Playero pechinegro	4	R	M			X
Podilymbus podiceps	Zaramagullón	2	R	R			X
Sterna nilotica	Gaviota pico gordo	4	R	R			X
Tringa flavipes	Playero patas amarillas	4	R	M			X
Tringa solitaria	Playero solitario	4	R	M			X

Similares requirimientos tiene el playero (*Craradrius semipalmatus*), especie migratoria que usa los humedales como áreas de descanso y alimentación para seguir su ruta de migración hacia el Sur, si bien algunos individuos se quedan en la Isla durante todo el invierno.

La mayor cantidad de individuos y especies se registraron en el manglar, cuya cobertura proporciona un lugar para refugio, descanso y dormidero a la mayoría de las especies, tanto residentes como migratorias. Otra razón que favorece la riqueza ornitológica del bosque de manglar es su ubicación en el borde costero, lejos de los asentamientos humanos. Sin embargo, el hábitat de mayor importancia para las especies migratorias fue el mesolitoral fangoso y la laguna de marea, donde se halló la mayor abundancia en comparación con los restantes ecosistemas/ambientes, pues el 60% de las especies que visitan la Isla durante la época de migración están relacionadas con el ambiente acuático.

FLORA Y FAUNA MARINA

Algas y fanerógamas marinas

En los muestreos realizados en el lóbulo occidental de la Bahía de Luperón y la zona costera inmediata se identificaron un total de 44 especies de algas marinas bentónicas, agrupadas en 10 órdenes y 15 familias (Tabla 4.5). Del total de especies, las clorofíceas se destacaron por su representatividad (59.1%) en comparación con las feofíceas (25%) y las rodofíceas (15.9%). La distribución de estas especies está directamente relacionada con las características de cada uno de los ecosistemas y ambientes muestreados.

Entre los manglares que rodean la bahía hacia su interior se observó la especie *Caulerpa sertulariodes*, relativamente abundante en áreas someras, cerca o en las raíces de los mangles y siempre en lugares sombreados. Las algas rojas se encuentran representadas por *Ceramium cimbricum*, especie poco común que se desarrolla como epífita sobre las raíces de los mangles.

Tabla 4.5. Especies de macroalgas M. Manglar/pastos marinos sobre sustrato fangoso. PMA Pastos marinos sobre sustrato arenoso. AC. Arrecifes.

Clase	Especie	M	PMA	AC
Rhodophyta	*Mesophyllum mesomorphum*			X
	Amphiroa fragilissima			X
	Amphiroa tribulus			X
	Liagora ceranoides		X	
	Hypnea spinella		X	
	Ceramium cimbricum	X		
	Bryothamnion triquetrum		X	X
	Sphacelaria tribuloides		X	
Phaeophyta	*Dictyota caribaea*	X		
	Dictyota cervicornis		X	X
	Dictyota menstrualis		X	
	Lobophora variegata f. *decumbente*			X
	Padina boergesenii			X
	Stypopodium zonale			X
	Sargassum fluitans		X	
	Sargassum hystrix			X
	Sargassum platycarpum			X
	Turbinaria tricostata			X
Chlorophyta	*Enteromorpha chaetomorphoides*	X		
	Cladophora catenata			X
	Dictyosphaeria cavernosa		X	
	Ventricaria ventricosa			X
	Codium isthmocladum	X		X
	Caulerpa cupressoides v. *lycopodium*		X	
	Caulerpa racemosa var. *peltata*			X
	Caulerpa racemosa var. *occidentalis*		X	X
	Caulerpa racemosa var. *lamourouxii*		X	
	Caulerpa sertulariodes	X	X	
	Avrainvillea longicaulis	X		X
	Halimeda discoidea		X	
	Halimeda goreauii			X
	Halimeda incrassata		X	
	Halimeda opuntia		X	
	Halimeda opuntia forma *triloba*	X		
	Halimeda gracilis	X		
	Penicillus capitatus	X	X	
	Penicillus dumetosus	X	X	
	Rhipocephalus phoenix			X
	Udotea cyathiformis			X
	Udotea cyathiformis f. *sublittoralis*			X
	Udotea flabellum			X
	Cymopolia barbata		X	
	Neomeris annulata	X		
	Acicularia schenckii		X	X

Asociado a los manglares hacia el exterior de la bahía, en profundidades menores de 1.4 m, existen parches aislados de *Thalassia testudinum*, donde también se observa desarrollo de especies de macroalgas, con predominio de algas verdes, entre las cuales se pueden encontrar *Neomeris annulata*, *Caulerpa sertularoides*, *Penicillus capitatus*, *P. dumetosus*, *Halimeda opuntia* forma *triloba*, entre otras. Algunas de estas especies son abundantes como *C. sertularoides* y *P. dumetosus*, pero otras, como *H. opuntia* f. *triloba* es localmente abundante en los parches ubicados al Noreste de la bahía.

Entre los pastos marinos sobre sustrato arenoso, que se encuentran en la región externa de la bahía, crecen varias especies de macroalgas. El género *Halimeda* se encuentra representado por *Halimeda opuntia*, *H. discoidea* y *H. incrassata*. *H. opuntia* alcanza gran desarrollo, en forma de montículos, en los bordes de las cuencas erosivas presentes en este biotopo, donde se hallan fuertemente adheridas a la arena, mientras que las otras dos especies se presentan con ejemplares dispersos, entre las praderas de pastos marinos. Otras especies de algas verdes calcáreas abundantes son *Penicillus capitatus* y *P. dumetosus*.

A pesar de que la especie *Caulerpa cupressoides var. lycopodium* es considerada como rara, se encuentra localmente abundante en la región sublitoral frente a la playa arenosa, a 0.4 m de profundidad, mezclada con *Syringodium filiforme*. Por su parte, *Caulerpa sertularoides*, especie común, se presentó también con una densidad alta, pero en zonas más protegidas. Otras especies abundantes fueron *Udotea flabellum*, *Codium isthmocladum*, *Acetabularia schenckii*, *Valonia ventricosa*, *Dictyosphaeria cavernosa* y *Cymopolia barbata*. Esta última forma poblaciones con alta densidad en la región sublitoral inmediata a la playa arenosa.

En el ambiente arrecifal que se desarrolla hacia la zona oceánica, fuera de la bahía, alcanza gran representatividad la especie *Halimeda goreaui*, que es localmente muy abundante en las paredes verticales y cuevas, desde una profundidad de 4 hasta 30 m, donde crecen pendientes de las rocas y se pueden observar grupos altamente densos de ejemplares, con escasa ramificación.

Entre las algas pardas - fundamentalmente creciendo sobre sustrato rocoso o fragmentos de corales- se observaron ejemplares de *Lobophora variegata* forma *decumbente*, *Stypopodium zonale*, *Sargassum hystrix*, *S. platycarpum* y *Turbinaria tricostata*, entre otros. Las tres primeras especies se encontraron a más de 10 m de profundidad, mientras que las dos últimas se desarrollaban entre 4 y 7 m de profundidad. Por su parte, las algas rojas estuvieron representadas por *Mesophyllum mesomorphum*, especie incrustante, encontrada entre grietas; y dos especies del género *Amphiroa*: *A. fragilisima* y *A. tribulus*.

Los pastos marinos sobre sustrato arenoso tienen mayor diversidad de macroalgas comparativamente con la región interior de la bahía debido al cambio de sustrato y el incremento de la transparencia del agua. Sin embargo, la mayor diversidad de algas se encontró en los arrecifes coralinos que se desarrollan fuera de la bahía, donde prevalecen mejores condiciones de transparencia, menor turbulencia y mayor diversidad de hábitats.

Invertebrados marinos

La variedad de ecosistemas y ambientes costeros y marinos hace posible que exista una gran diversidad de invertebrados capaces de explotar las características de los diferentes hábitats que éstos ofrecen. En el presente estudio se identificaron unas 200 especies de invertebrados pertenecientes a unos 17 grupos taxonómicos, aunque se aclara que nos concentramos solamente en las especies más conspicuas, pues el inventario real de la biodiversidad marina debe ser aún mayor (Tabla 4.6).

Las esponjas estuvieron representadas en el manglar por la esponja de fuego *Tedania ignis,* mientras que en los fondos de pastos marinos se colectaron algunas formas típicas de este ambiente como *Geodia gibberosa, Dysidea etheria, Hyrtios violacea y Amphimedon viridis*. Sin embargo, la mayor diversidad de formas y tamaños se observó en los arrecifes coralinos con especies tubulares como *Aplysina lacunosa, A. fistularis, Agelas wiedenmeyari, Callyspongia plicifera* y *C. vaginalis,* entre las más abundantes.

Tabla 4.6. Resumen del número de especies/géneros de invertebrados más conspicuos encontrados en la Bahía de Luperón y su entorno costero, durante el presente estudio. Las letras indican M. Manglar, FF. Fondos fangosos, PMF. Pastos marinos sobre fango, PMA. Pastos marinos sobre arena, CR. Costa rocosa y AC. Arrecifes.

Categoría	Grupo	M	FF	PMF	PMA	CR	AC
Poríferos	Esponjas	1	0	6	1	0	21
Celenterados	Actiniarios	0	0	0	0	0	4
	Zoantideos	1	0	0	0	0	1
	Octocoralios	0	0	0	0	0	29
	Corales	0	0	0	0	0	40
	Antipatarios	0	0	0	0	0	1
	Estilasterínidos	0	0	0	0	0	1
Crustáceos	Cangrejos	4	1	0	1	1	0
	Langostas	0	0	1	1	1	2
Moluscos	Gasterópodos	1	1	1	4	9	2
	Bivalvos	3	3	3	3	3	0
	Cefalópodos	0	0	0	0	1	1
	Poliplacóforos	0	0	0	0	1	0
	Nudibranquios	0	0	0	1	0	0
Equinodermos	Erizos	0	0	0	1	2	2
	Estrellas	0	0	0	1	0	1
	Crinoideos	0	0	0	0	0	1
	Total	10	4	11	13	18	106

En el interior de la bahía los celenterados estuvieron representados por algunas especies de zoantídeos e hidrozoarios que colonizan las raíces del manglar y partes del fondo arenoso con pastos marinos, así como ejemplares de la medusa planctónica *Aurelia aurita,* que son abundantes estacionalmente. Sin embargo, la mayor representatividad de este grupo se observó definitivamente en los arrecifes coralinos fuera de la bahía, donde dominan los corales pétreos, octocoralios, actiniarios y antipatarios (Tabla 4.7).

Entre los corales la dominancia de especies varió en sus diferentes zonas ecológicas: desde la explanada abrasiva somera, donde dominan formas masivas de *Diploria clivosa,* hasta la pendiente arrecifal donde se expanden colonias aplanadas de *Agaricia* y *Montastrea*.

Tabla 4.7. Algunas especies de celenterados (octocoralios, corales pétreos y anémonas) presentes en la región arrecifal externa de la Bahía de Luperón. Las especies han sido ordenadas por grupos y familias. A nuestro inventario actual se han adicionado las especies reportadas previamente por Geraldes (1994).

Grupo	Familia	Especie
Octocorales	Briareidae	*Briareum asbestinum*
	Anthothelidae	*Erythropodium caribaeum*
	Plexauridae	*Eunicea calyculata* f. *calyculata*
		Eunicea laciniata
		Eunicea laxispica
		Eunicea mammosa
		Eunicea palmeri
		Eunicea succinea f. *succinea*
		Eunicea tourneforti
		Plexaura flexuosa
		Plexaura homomalla f. *homomalla*
		Plexaura homomalla f. *kuekenthali*
		Plexaurella dichotoma
		Plexaurella grisea
		Plexaurella nuttans
		Pseudoplexaura crucis
		Pseudoplexaura flagellosa
		Pseudoplexaura porosa
	Gorgoniidae	*Gorgonia flabellum*
		Gorgonia mariae
		Muricea atlantica
		Muricea muricata
		Muricea pinnata
		Muriceopsis flavida
		Pseudopterogorgia acerosa
		Pseudopterogorgia americana
		Pseudopterogorgia bipinnata
		Pterogorgia anceps
		Pterogorgia citrina
Corales	Milleporidae	*Millepora alcicornis*
		Millepora complanata
		Millepora squarrosa
	Acroporidae	*Acropora cervicornis*
		Acropora palmata

Tabla 4.7. Continuación.

Grupo	Familia	Especie
Corales	Poecilloporidae	*Madracis decactis*
		Madracis formosa
		Madracis mirabilis
	Faviidae	*Colpophyllia natans*
		Diploria clivosa
		Diploria labyrinthiformis
		Diploria strigosa
		Favia fragum
		Manicina areolata
		Montastraea annularis
		Montastraea cavernosa
		Solenastrea bournoni
	Meandriniidae	*Dichocoenia stokesii*
		Dendrogyra cylindrum
		Meandrina meandrites
	Musiidae	*Isophyllia sinuosa*
		Isophyllastrea rigida
		Mussa angulosa
		Mycetophyllia aliciae
		Mycetophyllia danaana
		Mycetophyllia ferox
		Mycetophyllia lamarckiana
		Scolymia cubensis
		Scolymia lacera
	Caryophyllidae	*Eusmilia fastigiata*
	Agariciidae	*Agaricia fragilis*
		Agaricia tenuifolia
		Undaria agaricites
		Helioseris cucullata
	Siderastreidae	*Siderastraea radians*
		Siderastraea siderea
	Poritiidae	*Porites astreoides*
		Porites divaricata
		Porites furcata
		Porites porites
Anémonas	Ricordeidae	*Ricordea florida*
	Aliciidae	*Lebrunia danae*
	Actiniidae	*Condylactis gigantea*
	Aiptasiidae	*Bartholomea annulata*

Los octocoralios estuvieron representados en la explanada básicamente por *Pseudopterogorgia americana* –especie resistente a la sedimentación- mientras que las formas arborescentes de plexáuridos dominaron en la pendiente. Entre las anémonas, la de mayor distribución fue *Condylactis gigantea* con ejemplares de gran tamaño, aunque fueron comunes otras formas sobre el sustrato como *Ricordea florida* o en las grietas como *Lebrunia danae.*

Entre los moluscos, el ostión de mangle *Crassostrea rhizophorae* constituye el representante más típico de la epifauna de las raíces, mientras que en el estrato arbustivo superior domina *Littorina angulifera*. Las formas infaunales como la almeja *Chione cancellata* dominan en los fondos fangosos junto al chichote *Melongena melongena* –que tipifica a los gasterópodos de sustrato blando. La diversidad de grupos y especies de la malacofauna aumenta hacia los pastos marinos sobre arena donde se observaron mayor número de especies, entre ellas a los gasterópodos típicos de este ambiente como *Cerithium literattum, C. eburneum, Modulus modulus, Polinices lacteus y Tegula fasciata.* En el litoral rocoso más interior la fauna de moluscos está prácticamente ausente, pero hacia el exterior se observó la zonación típica del litoral con *Cenchritis muricatus* ocupando el horizonte supralitoral; el complejo de los géneros *Nerita* y *Littorina* el horizonte mesolitoral junto al quitón *Acanthopleura granulata*.

Los equinodermos también mostraron una distribución relacionada con los cambios ambientales del interior al exterior de la bahía. Los mismos estuvieron ausentes de los fondos fangosos interiores de la bahía y sus especies grandes se hicieron presentes solo a partir de donde comienza la zona de pastos marinos sobre sustrato arenoso. Esta región es la que presenta la mayor abundancia de este grupo con poblaciones importantes del erizo blanco *Tripneustes ventricosus* y de la estrella *Oreaster reticulatus*. Por su parte, los erizos del género *Echinometra,* con sus especies *E. lucunter* y *E. viridis* -horadadores de la matriz rocosa en áreas con influencia del oleaje- tipifican todos los fondos rocosos meso y sublitorales de la costa de Luperón.

En el arrecife coralino, si bien aún abundan los erizos blancos en sus zonas más someras, se observaron varios ejemplares del erizo negro *Diadema antillarum* y se incrementó la abundancia de los crinoideos del género *Nemaster.*

Peces

Aunque la abundancia de peces se reveló como muy escasa durante todos los buceos, se pudieron registrar más de 100 especies de peces (Tabla 4.8) considerando el inventario previo de Geraldes (1994) y evaluando las capturas de los pescadores. Esto último puede hacer que la diversidad de la ictiofauna aquí presentada puede ser representativa de un mayor entorno de plataforma que el inmediato a la región de Luperón. Se hallaron 11 especies resistentes a las variaciones bruscas de la salinidad (eurihalinas) que caracterizan el interior de la bahía como las sardinas *Harengula clupeola* y *H. humeralis,* el machuelo *Opisthonema oglinum,* las mojaras *Centengraulis edentulus, Diapterus rhombeus, Eucinostomus argenteus, Eugerres plumieri* y *Gerres cinereus,* las lisas *Mugil curema* y *M. liza* y el róbalo *Centropomus undecimalis.*

La mayor diversidad se observó hacia los fondos de pastos marinos sobre arena y el arrecife coralino, donde se reportan más de 80 especies con familias típicas arrecifales como los loros (Scaridae), los meros (Serranidae) y los candiles (Holocentridae) y otras con representantes de mayor amplitud de distribución como los pargos (Lutjanidae) y los bocayates (Haemulidae). En las pesquerías que se realizan en la región oceánica se identificaron algunas especies pelágicas como el pez volador *Hirundichthys speculiger,* los caránjidos *Carangoides bartholomaei* y *Caranx ruber* y el atún *Scomberomorus regalis.*

Tortugas marinas

Las playas de Luperón están reportadas entre las áreas del país donde ocurren anidamientos de tortugas marinas y de hecho, los pescadores nos ofrecieron reportes de entradas de careyes

Tabla 4.8. Algunas especies de peces inventariados durante el presente estudio. M. Manglar, Fondo fangoso y Pastos marinos sobre sustrato fangoso, PMA. Pastos marinos sobre sustrato arenoso, AC. Arrecifes coralinos, ZP. Zona pelágica. Las especies han sido ordenadas por su presencia en los diferentes ambientes. A nuestro inventario actual se han adicionado las especies reportadas previamente por Geraldes (1994).

Familia	Especie	M	PMA	AC	ZP
Clupeidae	*Harengula clupeola*	X			
	Harengula humeralis	X			
	Opisthonema oglinum	X			
Engraulidae	*Centengraulis edentulus*	X			
Centropomidae	*Centropomus undecimalis*	X			
Gerreidae	*Diapterus rhombeus*	X			
	Eucinostomus argenteus	X			
	Eugerres plumieri	X			
	Gerres cinereus	X			
Mugilidae	*Mugil curema*	X			
	Mugil liza	X			
Ophichthidae	*Ophichthus ophis*		X		
Bothidae	*Bothus lunatus*		X	X	
	Acanthurus chirurgus			X	
Muraenidae	*Gymnothorax moringa*			X	
Holocentridae	*Holocentrus ascencionis*			X	
	Holocentrus coruscus			X	
	Holocentrus marianus			X	
	Holocentrus rufus			X	
	Myripristis jacobus			X	
Aulostomidae	*Aulostomus filamentosus*			X	
Scorpaenidae	*Neomerinthe hemingwayi*			X	
Serranidae	*Alphestes afer*			X	
	Cephalopholis cruentata			X	
	Cephalopholis fulva			X	
Grammatidae	*Gramma loreto*			X	
Priacanthidae	*Heteropriacanthus cruentatus*				X
Apogonidae	*Apogon maculatus*			X	
Lutjanidae	*Lutjanus analis*			X	
	Lutjanus apodus			X	
	Lutjanus cyanopterus			X	
	Lutjanus griseus			X	

Tabla 4.8. Continuación.

Familia	Especie	M	PMA	AC	ZP
	Lutjanus jocu			X	
	Lutjanus mahogoni			X	
	Lutjanus synagris			X	
	Ocyurus chrysurus			X	
Haemulidae	*Haemulon aerolineatum*			X	
	Haemulon carbonarium			X	
	Haemulon chrysargyreum			X	
	Haemulon flavolineatum			X	
	Haemulon macrostomum			X	
	Haemulon melanurum			X	
	Haemulon parrai			X	
	Haemulon plumieri			X	
	Haemulon sciurus			X	
	Haemulon striatum			X	
Sparidae	*Calamus calamus*			X	
Mullidae	*Mulloidichthys martinicus*			X	
	Pseudupeneus maculatus			X	
Pempheridae	*Pempheris schomburgkii*			X	
Chaetodontidae	*Chaetodon capistratus*			X	
	Chaetodon ocellatus			X	
	Chaetodon striatus			X	
Pomacanthidae	*Centropyge argi*			X	
	Holacanthus tricolor			X	
	Holacanthus bermudensis			X	
	Pomacanthus paru			X	
Pomacentridae	*Abudefduf saxatilis*			X	
	Abudefduf taurus			X	
	Chromis cyaneus			X	
	Chromis multilineatus			X	
	Stegastes diencaeus			X	
	Stegastes fuscus			X	
	Stegastes leucosticus			X	
	Stegastes otophorus			X	
	Stegastes partitus			X	
Labridae	*Bodianus rufus*			X	
	Bodianus pulchellus			X	
	Halichoeres bivittatus			X	

Tabla 4.8. Continuación.

Familia	Especie	M	PMA	AC	ZP
	Halichoeres garnoti			X	
	Halichoeres macupilinna			X	
	Halichoeres radiatus			X	
	Lachnolainus maximus			X	
	Thalassoma bifasciatum			X	
	Hemipteronotus martinicensis			X	
Scaridae	*Scarus guacamaia*			X	
	Scarus iseri			X	
	Scarus taeniopterus			X	
	Scarus vetula			X	
	Sparisoma atomarium			X	
	Sparisoma aurofrenatum			X	
	Sparisoma radians			X	
	Sparisoma rubripinne			X	
	Sparisoma viride			X	
Acanthuridae	*Acanthurus bahianus*			X	
	Acanthurus coeruleus			X	
Sphyraenidae	*Sphyraena barracuda*			X	
	Sphyraena guagancho			X	
	Sphyraena picudilla			X	
	Paralichthys albigutta			X	
Balistidae	*Balistes vetula*			X	
	Canthidermis sufflamen			X	
	Melichthys niger			X	
	Xanthichthys ringens			X	
Monacanthidae	*Cantherhines macrocerus*			X	
Ostracidae	*Lactophrys bicaudalis*			X	
	Lactophrys triqueter			X	
	Lactophrys trigonus			X	
Tetraodontidae	*Canthigaster rostrata*			X	
Exocoetidae	*Hirundichthys speculiger*				X
Carangidae	*Carangoides bartholomaei*				X
	Caranx ruber				X
Scombridae	*Scomberomorus regalis*				X

(*Eretmochelys imbricata*) y tortugas verdes (*Chelonia midas*) a las playas arenosas de las áreas externas de la Bahía de Luperón. La realidad actual es que todas las especies de tortugas han ido desapareciendo de sus sitios originales de reproducción debido a

las capturas indiscriminadas, el incremento de la contaminación y la creciente urbanización y uso turístico de la zona costera, que han alejado a estas poblaciones.

ESPECIES AMENAZADAS

De las plantas encontradas en la región terrestre estudiada en la Bahía de Luperón no hay ninguna especie amenazada de extinción, aunque la especie *Senna polyphylla* var. *montis-christi* por su rareza demográfica (presencia de pocos individuos) merece atención especial. Sin embargo, sí existen especies protegidas por convenios internacionales como la pitajaya, *Hilocereus undatus,* controlada por el Convenio Internacional sobre Tráfico de Especies en Peligro (CITES), que incluyen la familia completa de las cactáceas. Las cuatro especies de mangle (*Conocarpus erectus, Laguncularia racemosa, Avicennia germinans y Rhizophora mangle*), el grigrí *Bucida burceras* y palma real *Roystonea hispaniolana,* están protegidas por regulaciones nacionales.

De las 63 especies de aves localizadas en la zona de estudio, se identificó una especie que se encuentra incluida en la lista de especies amenazadas de la IUCN, Birdlife International y la Dirección General de Vida Silvestre y Biodiversidad: la paloma coronita *Columba leucocephala*. Esta es una especie residente de las Islas, que en los últimos diez años ha sufrido significativas disminuciones en sus poblaciones, principalmente por la cacería y la destrucción de sus hábitats. De esta especie se localizaron dos individuos en el hábitat de mangle, que es el lugar donde se reproducen.

En relación con los invertebrados marinos, existen varias especies de la fauna incluidas en el Apéndice II de CITES. Son ellos el gasterópodo *Strombus gigas*, los hidrocorales *Millepora alcicornis, M. complanata y M. squarrosa,* todas las especies locales de corales escleractíneos que suman unas 44 y el estilasterínido *Stylaster roseus.* Las dos especies de tortugas marinas que se reporta que anidan en las playas de la región externa de la Bahía de Luperón: el carey (*Eretmochelys imbricata*) y la

tortuga verde (*Chelonia mydas*) aparecen en la Lista Roja de la IUCN (2003), pues sus poblaciones se consideran amenazadas y críticamente amenazadas, respectivamente.

SITUACIÓN PESQUERA

La Bahía de Luperón contaba hacia 1994 con unos 35 pescadores que operaban en 17 embarcaciones (Colom *et al.*, 1994), situación que actualmente ha aumentado a más de 50 pescadores y más de 30 embarcaciones, si bien el sitio de desembarco se mantiene en El Muelle, también llamado La Portuaria, que se ubica en las Coordenadas UTM 294892 E y 2201002 N. A este número de pescadores hay que añadir unos 15 que trabajan en el sitio de desembarco de El Castillo, situado más al Oeste de la bahía.

Actualmente la pesca en la región se realiza con cinco métodos/ artes fundamentales. El primero es la atarraya que se utiliza para pescar en el interior de la bahía, donde se capturan especies del complejo ecológico del litoral estuarino como lisas, robalos, mojarras, sábalos y sardinas, aunque algunas regiones del interior de la bahía se encuentran afectadas por de la contaminación de la Cañada La Alhorrada.

El segundo es el chinchorro de ahorque que se practica a partir de la boca de la bahía hacia afuera y captura fundamentalmente pargos y meros. El tercero es el buceo con compresor o a pulmón –tanto de día como de noche- con lo cual se capturan pargos, chillos, meros y langostas. El cuarto es la nasa de alambre que se calan hasta 150 brazas y capturan varias especies de peces y langostas. Tanto el chinchorro como el buceo y la nasa están dirigidos a varias especies del complejo pastos marinos/arrecifes coralinos. Finalmente, el quinto método es la balsa, que tiene un desarrollo incipiente y captura especies del complejo ecológico de aguas oceánicas como atún de aleta amarilla y albacoras, principalmente en la época de julio a enero.

Tomado de: Betancourt Liliana y Alejandro Herrera-Moreno 2004. Apuntes ecológicos para la conservación de un Área Protegida: Bahía de Luperón. Universidad INTEC/ Programa EcoMar, Inc., Editora Búho, 140 pp.

5. IMPACTOS AMBIENTALES

Como parte de la presente caracterización ecológica de la Bahía de Luperón consideramos de interés poner de relieve algunos impactos ambientales que han tenido lugar históricamente y están teniendo lugar actualmente en la bahía y su entorno costero (Tabla 5.1) y que atentan contra los valores de la biodiversidad descritos en los capítulos anteriores.

Construcción del muelle de Luperón

De los impactos actuales observados uno de los más notables es, sin dudas, la construcción del Muelle de Luperón que al ser construido –no sobre pilotes- sino sobre piedras colocadas directamente en el lecho marino, dividió en dos secciones esta parte de la bahía alterando irreversiblemente los patrones naturales de circulación del agua y la dinámica de transporte y deposición de los sedimentos locales, con su consecuente efecto sobre la topografía del fondo inmediato y el manglar vecino; y las características hidroquímicas, creando una zona de flujo y una estancada, según ya hemos discutido.

Actualmente, en la sección Suroeste salen las aguas de la Cañada La Alhorrada que son dirigidas ahora por el cauce formado entre el muelle y la orilla Sur de este curso de agua, donde han cambiado los patrones de corrientes y por tanto, de la sedimentación local. Esta región constituye al presente el sitio de exportación de materia orgánica y nutrientes al interior de la Bahía de Luperón. Por su parte, la sección Noroeste ha quedado aislada de la influencia de la cañada y prácticamente cerrada entre el muelle y el manglar, creándose un área de acumulación donde el mangle negro está en proceso de expansión y donde se favorece la acumulación de grasas y aceites y gran cantidad de desechos sólidos.

Contaminación marina desde buques

La contaminación de la bahía por residuales líquidos, desechos sólidos, combustibles y lubricantes constituye uno de los impactos

Tabla 5.1. Resumen de impactos a los ecosistemas y ambientes presentes en la zona terrestre, costera y marina de la Bahía de Luperón. Las letras indican: H. Herbazal con palmeras y árboles dispersos, BC. Bosque costero relicto. VR. Vegetación ribereña, M. Manglar, SA. Salados/Ciénagas/Lagunas de marea, FF. Fondo fangoso, PF Pastos marinos sobre fondo fangoso, IF. Intermareal fangoso, PR. Playa arenosa, CR. Costa rocosa baja/acantilada, PA Pastos marinos sobre fondo arenoso y AC. Arrecifes coralinos.

	Ecosistemas/ Ambientes											
Impactos	H	BC	VR	M	SA	FF	PF	IF	PR	CR	PA	AC
Contaminación/deshechos sólidos			X	X	X				X	X		
Contaminación/hidrocarburos				X						X	X	X
Dragado				X		X	X	X				
Corte de árboles	X	X	X	X								
Amarre en los manglares				X								
Contaminación/aguas residuales			X	X		X		X				
Construcción del muelle			X	X	X			X				
Anclaje de buques						X	X				X	X
Extracción de especies marinas						X	X				X	X
Extracción de arena									X			
Actividades naúticas/subacuáticas									X			X

actuales –reales y potenciales- más importantes. Colateralmente, se ha observado que algunas embarcaciones poseen esquíes acuáticos para la práctica de este deporte en la bahía, lo cual constituye una fuente adicional de contaminación acuática y sonora.

Contaminación marina por fuentes locales

La Cañada La Alhorrada que desemboca en la margen oriental de la Bahía de Luperón arrastra una enorme carga contaminante asociada a la presencia de focos puntuales de contaminación, entre los que se encuentran pocilgas de cerdos y las tuberías sanitarias de las viviendas establecidas en sus márgenes, a lo cual se unen los desperdicios sólidos y la basura cargada de plásticos y materiales no biodegradables que se arrojan en las aguas y en el manglar.

Todo ello crea un ambiente de insalubridad que desentona con la belleza y el ambiente agradable del puerto que conduce hasta el interior de la bahía. Otras áreas de la bahía, como el camino por detrás del manglar en su vertiente Sur y las playas arenosas de su boca, igualmente están contaminadas por desechos sólidos de diversa naturaleza, tanto arrojados por los transeúntes como traídos por la marea provenientes de las embarcaciones ancladas en la bahía.

Extracción de especies

El mayor impacto sobre los recursos bióticos de la bahía y su área costera inmediata es, sin dudas, la sobrepesca de todos los recursos que ha dado lugar a una reducción notable de la biomasa pesquera y ha obligado a los pescadores a buscar nuevas áreas. Este impacto abarca no solo a los recursos pelágicos sino también al manglar que ha sufrido una gran devastación de raíces para la extracción del ostión de mangle (*Crassostrea rizophorae*), provocando un exterminio de las poblaciones de este molusco. Además, los pescadores refieren que eventualmente la bahía recibe la visita de personas encargadas del negocio de la acuarofilia que contratan buzos pescadores para extraer algas de los parches que existen en la periferia de algunas zonas microlocalizadas de la bahía,

especialmente *Halimeda opuntia* que juega un importante papel en la composición de los sedimentos.

Dragado

Las acciones de dragado constituyen un impacto notable pues de manera incontrolada se procede a la extracción de sedimentos del lecho marino con equipos de succión, cuyas mangueras rotas provocan el escape y la diseminación de los sedimentos finos en una gran extensión incrementando la turbidez y la sedimentación con consecuencias negativas para los parches de vegetación que crecen en la bahía y la infauna de los sedimentos.

El impacto negativo del dragado se incrementa pues todos los sedimentos gruesos derivados del dragado son vertidos directamente sobre las raíces del manglar, lo cual además de dañar este ecosistema, deja a los sedimentos en un lugar donde fácilmente se incorporarán de nuevo a la bahía por efecto de las mareas, incrementando la necesidad de un dragado futuro.

Deforestación

La flora y la vegetación de este lugar han sido exolotadas desde hace decenas de años, para diversas actividades: corte de madera para la construcción, producción agropecuaria, traviesas o durmientes para las vías férreas y construcción de casas y viales. Según los lugareños, en la zona se cortaban miles de traviesas para los ferrocarriles de los ingenios Amistad y Montellano, ambos ubicados en la Provincia de Puerto Plata, por lo que muchas especies arbóreas que fueron muy abundantes, hoy son escasísimas o prácticamente han desaparecido. Martínez (1999) comenta la casi completa eliminación de uno de los bosques de caoba más extensos y representativos del país, ubicado en una franja casi paralela a la costa, al pie de la Cordillera Septentrional, entre Luperón e Imbert.

Mal manejo del manglar

Los manglares en la Bahía de Luperón han sido cortados ilegalmente

en varios puntos para hacer embarcaderos improvisados o con fines de usar el suelo para asentamientos humanos, lo cual constituye el mayor impacto sobre este ecosistema. Otra práctica común es el amarre de embarcaciones (desde veleros hasta buques de mayor porte) u otras estructuras flotantes, a los árboles y raíces del manglar, bien sea por corto tiempo o simplemente para dejarlos abandonados. Aunque esta acción ocurre solo en tramos microlocalizados, el impacto por efecto mecánico sobre los árboles puede ser notable, más aún cuando estos atraques pueden estar acompañados de trochas o puentes improvisados que se abren en el manglar para penetrar a la costa.

Mal manejo de los arrecifes coralinos

Varios factores naturales y antrópicos convergen en detrimento de la comunidad coralina. Los arrecifes costeros están influidos por las aguas cargadas de sedimentos que salen de la Bahía de Luperón particularmente en épocas de crecidas y se acumulan en los salientes rocosos o la planicie arenosa de la pendiente arrecifal. Este impacto podría considerarse en parte natural si la bahía no estuviera recibiendo una elevada carga orgánica a través de la Cañada La Alhorrada, la contaminación por hidrocarburos de las embarcaciones y no estuviera sometida a dragados incontrolados que resuspenden grandes cantidades de sedimentos finos.

Por otra parte, los arrecifes externos han debido sufrir todas las transformaciones costeras relacionadas con el desarrollo turístico, que incluyen desde la construcción de espigones, la tala de manglares o el uso indiscriminado de la arena. Sin embargo, la mayor amenaza la constituyen las actividades de buceo turístico por el incremento de visitantes sin que exista una información clara, explícita y detallada sobre las medidas que se deben tomar para la conservación de los recursos del arrecife coralino. Ello hace que los corales estén expuestos al daño físico por rozaduras, toques, arranques de colonias o movimientos cerca de ellos que remuevan la arena, la resuspendan y arrojen sobre las colonias. Otro impacto proviene del uso de anclas en las actividades náuticas de los catamaranes y botes, pues no todos los sitios de buceo poseen boyas marcadas para el amarre de buques.

IMPACTOS AMBIENTALES POTENCIALES

El mayor impacto potencial sobre la Bahía de Luperón, que tendría a su vez una repercusión sobre el resto de los aspectos ambientales discutidos es, sin dudas, el riesgo de que se exceda su capacidad de carga. Por definición el concepto de capacidad de carga, con un sentido ecológico, se refiere al número máximo de visitantes que puede recibir un destino por encima del cual no se puede asegurar un desarrollo compatible con los recursos naturales.

Por otra parte, la capacidad de carga, con un sentido socioeconómico, hace referencia al nivel de actividad económica compatible con el equilibrio entre los beneficios económicos que proporciona el turismo, y los impactos negativos que, sobre las economías locales o las tradiciones y estilos de vida de la sociedad, genera la actividad turística (OMT, 1998). Por tanto, el análisis de la capacidad de carga es una estrategia potencial para reducir los impactos de la recreación de los visitantes en Áreas Naturales Protegidas que aparece en la literatura de manejo turístico de este tipo de áreas en República Dominicana (Serrulle, 1999) y en el mundo (Cayor *et al.,* 2002).

En el caso particular de la Bahía de Luperón, donde la variante de turismo es la de veleros, todos los impactos a los factores físico-naturales y socioeconómicos guardan estrecha relación con el número de embarcaciones y de turistas, por lo que el mejor indicador de capacidad de carga ecológica y económica puede encontrarse en el número de embarcaciones por unidad de tiempo, al cual corresponde, en el mismo tiempo, un número determinado de turistas. Ambos indicadores están directamente correlacionados.

La estrecha relación impactos ambientales-número de embarcaciones impone que los cambios en la afluencia de veleros y sus posibles incrementos deben ser manejados dentro de ciertas normas ambientales estrictas considerando que la Bahía de Luperón es una pieza importante dentro de nuestro Sistema Nacional de Áreas Protegidas.

Para poder hacer algunas consideraciones acerca de la capacidad de carga de la bahía debemos comenzar explicando que una embarcación estándar que llega a la bahía necesita un espacio físico equivalente a su eslora más la longitud de soga requerida para el anclaje, todo lo cual puede alcanzar entre 20 a 25 m. Además, con el cambio de dirección de los vientos la embarcación borneará teniendo como eje el ancla hasta completar una circunferencia completa durante el ciclo diurno de vientos, asumiendo que éstos puedan cambiar de dirección del día a la noche. En resumen, el espacio que requiere una embarcación anclada será aproximadamente una circunferencia cuyo radio es igual o ligeramente mayor que su eslora más la longitud de cuerda del ancla, lo que implica una superficie circular aproximada de unos 2,000 m², que llevado a un concepto de cuadrantes de 50 x 50 m, serían 2,500 m² (Fig. 5.1).

Con este criterio el número máximo de embarcaciones ancladas por hectárea, siendo conservadores, sería solo de 4 en dicho espacio. Esta cifra es consistente con las observaciones realizadas midiendo la distancia promedio entre veleros mediante georeferenciación, así como los conteos y mediciones realizadas sobre las fotos aéreas, que arrojaban una distancia promedio de unos 50 m entre veleros, distancia que puede ser mayor pero raramente menor, dependiendo de la eslora del barco.

Sin embargo, no debe obviarse que no toda la superficie de espejo de agua de la bahía es utilizable para anclaje debido a los cambios en la batimetría. Existe un área interior a ambos lados del muelle donde la colmatación de sedimentos ha hecho que se pierda una parte del área de anclaje. Además, en ciertas áreas del borde de la bahía, cerca de los manglares, la acumulación de sedimentos ha reducido la profundidad (Fig. 5.2).

Por otra parte, una cierta extensión de la entrada de la bahía tampoco es utilizable pues las embarcaciones buscan resguardo en las áreas más internas de la bahía. Esto hace que de las 73.56 hectáreas que tiene el lóbulo occidental de la bahía (según nuestro cálculo de área de 735,569.55 m²) solo unas 50 hectáreas sean realmente utilizables para anclaje.

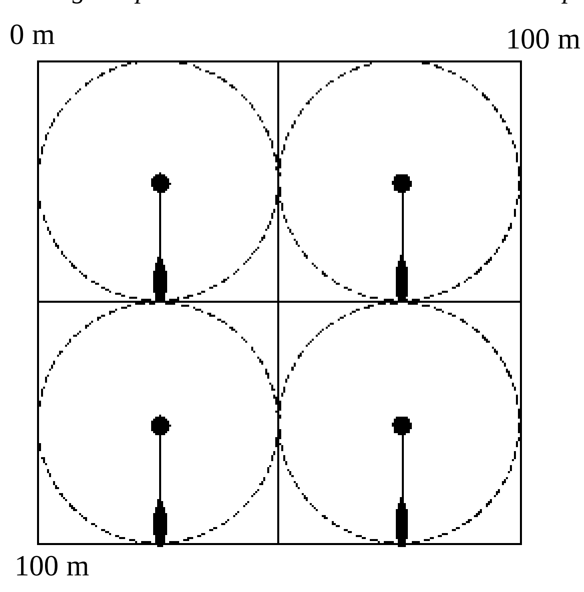


Figura 5.1. Representación esquemática del número de embarcaciones que caben en un cuadrado de 100 x 100 m (10,000 m^2 o 1 hectárea) mediante anclaje libre no organizado. El círculo de línea punteada indica el giro del barco al bornear con el viento, teniendo como eje el punto de anclaje.

Con estos criterios la Fig. 5.3 muestra cuatro situaciones de utilización del espacio en la Bahía de Luperón. La ocupación de 1 embarcación/ hectárea asume unas 50 embarcaciones distribuidas en el área utilizable de la bahía y es representativa de una ocupación baja. Esto representa la situación más común en la Bahía si observamos la distribución de frecuencias del número de embarcaciones por meses (Fig. 5.4) que muestra que en 22 meses analizados casi el 55% de los meses, la bahía contaba con 30 a 55 embarcaciones ancladas y en un 23% de los casos se observaron entre 55 a 80 embarcaciones.

La ocupación de 2 embarcaciones/hectárea (Fig. 5.3) asume unas 100 embarcaciones y es representativa de una ocupación moderada. La Fig. 5.4 muestra que de 22 meses analizados, en el 14 % de los casos se observaron entre 80 a 105 embarcaciones ancladas en la bahía y en un 5 % se observaron entre 105 a 130 embarcaciones. Tenemos, por tanto, que este tipo de ocupación moderada caracteriza a la bahía en algunos meses del año –particularmente en primavera- donde el número de embarcaciones se incrementa ligeramente.

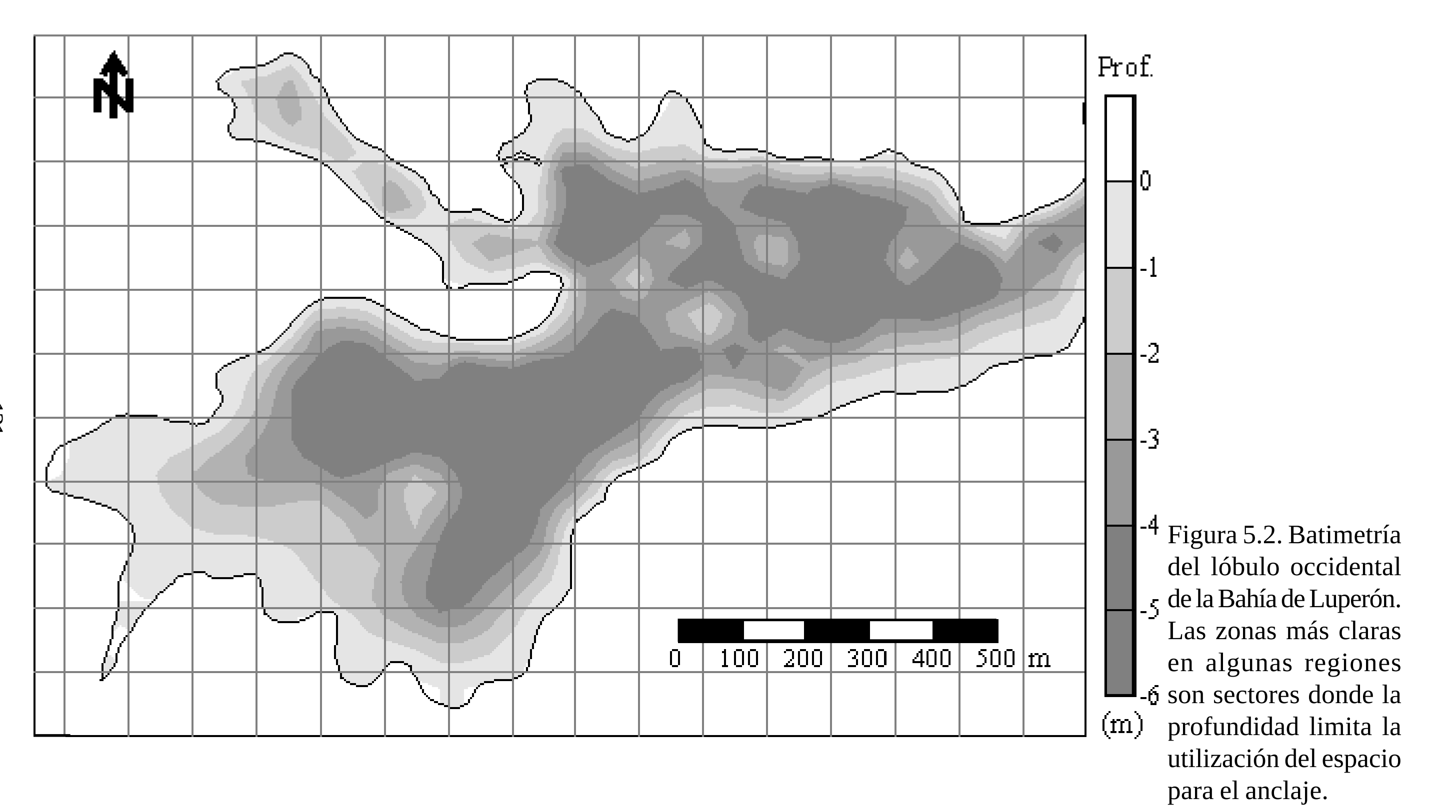
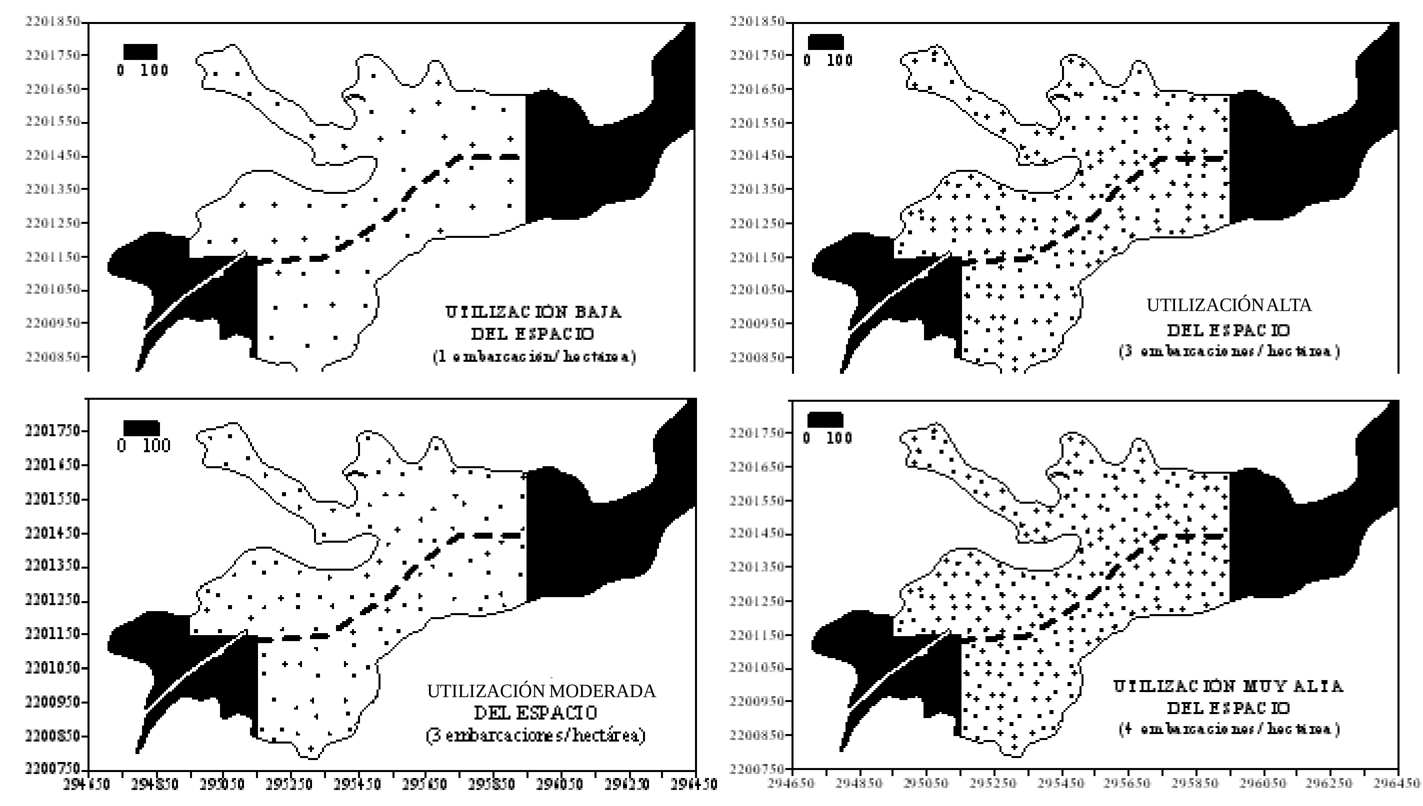


Figura 5.2. Batimetría del lóbulo occidental de la Bahía de Luperón. Las zonas más claras en algunas regiones son sectores donde la profundidad limita la utilización del espacio para el anclaje.


UTILIZACIÓN BAJA
DEL ESPACIO
(1 embarcación/hectárea)
UTILIZACIÓN ALTA
DEL ESPACIO
(3 embarcaciones/hectárea)
UTILIZACIÓN MODERADA
DEL ESPACIO
(3 embarcaciones/hectárea)
UTILIZACIÓN MUY ALTA
DEL ESPACIO
(4 embarcaciones/hectárea)
0 100

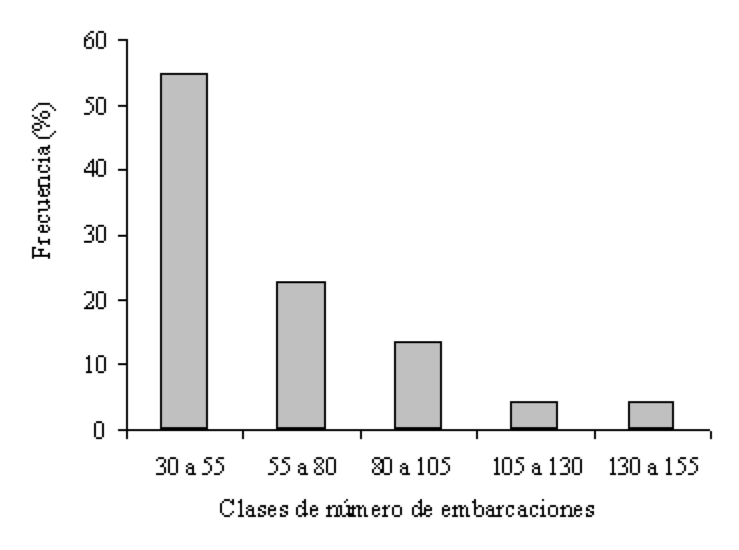


Fig. 5.4. Intervalo de número de embarcaciones que pueden observarse en la Bahía de Luperón en un mes dado, a partir del análisis de estadísticas de 22 meses. Los datos provienen de la Autoridad Portuaria Dominicana, a los cuales se aplicó un factor de corrección de 30 embarcaciones.

La ocupación de 3 y 4 embarcaciones/hectárea ya refleja una ocupación alta (150 embarcaciones) y muy alta (200 embarcaciones), respectivamente, aunque de baja frecuencia (5%). Sin embargo, esta situación tiene lugar en épocas de acumulación de embarcaciones durante la temporada ciclónica, donde a las que entran se suman las que han permanecido allí durante varios meses.

En tales circunstancias puede decirse que visualmente la densidad de embarcaciones es impresionante y se han llegado a contar unas 200 embarcaciones, si bien esto representa una situación extrema que posiblemente esté marcando el límite de capacidad de carga física de la bahía.

Figura 5.3. Análisis de capacidad de carga del lóbulo occidental de la Bahía de Luperón para cuatro niveles de ocupación, equivalentes a: 50, 100, 150 y 200 embarcaciones. La línea discontínua indica el espacio libre para la navegación. Las áreas negras del fondo y la entrada de la bahía son zonas donde no hay anclaje permanente de embarcaciones.

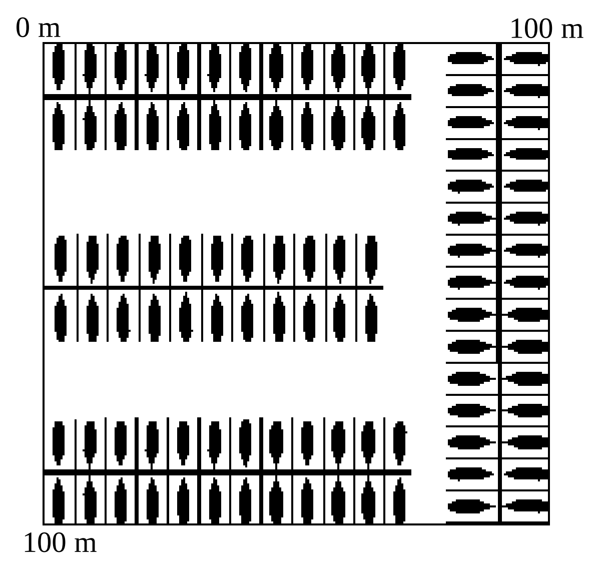


Figura 5.5. Representación esquemática del número de embarcaciones que pueden distribuirse en un Marina de 10,000 m².

Desde el punto de vista de ordenamiento territorial sostenible, posiblemente una Marina puede ayudar a reducir el riesgo de que se exceda la capacidad de carga. Sobre esto último, recordemos, que una Marina puede establecer sitios ordenados de dimensiones adecuadas estándares para el amarre de embarcaciones de diferentes tipos por lo que es posible reunir en un espacio relativamente pequeño un gran número de embarcaciones. Si retomamos el ejemplo de la Fig. 5.1, en una Marina de iguales dimensiones a las analizadas (10,000 m²) podrían ubicarse unas 102 embarcaciones (Fig. 5.5). Actualmente solo puede decirse que la región de Luperón ha ido evolucionando social y económicamente hasta el presente con su carga de 138 hasta 200 embarcaciones, con un saldo favorable por lo que dichas cifras pueden ser consideradas como representativas de la capacidad de carga actual para la región, de acuerdo a nuestra definición inicial, la cual podría incrementarse solo si se asume una evaluación adecuada y se promueve un manejo ambiental responsable por parte de todos los involucrados.

Tomado de: Betancourt Liliana y Alejandro Herrera-Moreno 2004. Apuntes ecológicos para la conservación de un Área Protegida: Bahía de Luperón. Universidad INTEC/ Programa EcoMar, Inc., Editora Búho, 140 pp.

6. REFERENCIAS

ACES 1992. Automated Coastal Engineering System. Coastal Engineering Research Center, Department of the Army. U. S.

Almodóvar, L. R. e I. Bonnelly 1977. Notas sobre las algas marinas bentónicas macroscópicas de la República Dominicana. En: Conservación y Ecodesarrollo, Centro de Investigaciones de Biología Marina (CIBIMA), Universidad Autónoma de Santo Domingo, pp. 379–395.

Alvarez, V., F. Geraldes, D. V. Rivas, G. Rosado y C. Mateo 1998. Caracterización de los ambientes costeros dominicanos: Bahía de Puerto Plata. Investigación para el Desarrollo, No. 2, pp.101-110.

AOU 1998. Comité para la Clasificación y Nomenclatura de la Unión de Ornitólogo Americano Check-List of North American Birds. Seventh Edition, 1998. Published by the American Ornithologist Union.

APHA 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation. 19ed., New York.

Barlett, J. 2002. Coming sonn!! Watch this place. Artículo periodístico, Puerto Plata, 5 pp.

Bayer, F. H. 1961. The shallow-water Octocorallia of the West Indian region. A manual for marine biologists. Martinus Hijhoff, La Haya, 373 pp.

Becker, W. 2002. Página Web de velerismo internacional. http://www.wired-becker.de/Privat/ sailing.html

Betancourt, L. y Herrera A. 2001. Evaluación ambiental de la Ensenada de Sosúa, Puerto Plata: impactos a los arrecifes coralinos. Revista INDOTECNICA 9(2):11-19.

Betancourt, L. y A. Herrera 2001a. Algas marinas bentónicas (Rhodophyta, Phaeophyta y Chlorophyta) conocidas para la Hispaniola. Moscosoa. Moscosoa 12: 105-134.

Bonnelly, I. 1974. Los crustáceos de la colección del Centro de Investigaciones de Biología Marina de la UASD. En: Estudios de biología pesquera dominicana, Editora de la Universidad Autónoma de Santo Domingo, pp. 13-34.

Caribherp 2000. West Indies amphibians and reptiles: Hispaniola. http://carib.bio.psu.edu/ caribherp/lists/ HSP-LIST.HTM.

Cayor, L. J. , M. Cifuentes, E. Amador, E. Cruz y F. Cruz 2002. Determinación de la capacidad de carga turística en los sitios de visita del Parque Nacional Galápagos. http://www.galapagos park.org/PDF/CCE_es.pdf

CEES 2002. Water Quality. The Center for Earth and Environmental Science Indiana University http://www.cees.iupui.edu/ Research/WRERP/Resources/SEAM/waterquality.htm

Cicero, J. 1981. Catálogo provisional de erizos de mar II.- Irregularia (=Exocyclica). Naturalista Postal 1976-1979, Editora Nivar, Santo Domingo, pp. 39-40.

Cicero, J., V. Rivas e I. Bonnelly 1976. Erizos y estrellas comunes del litoral dominicano. Anuario Academia de Ciencias de la República Dominicana, Año 2(2): 73-80.

CITES 2002. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. http:// www.chrisnet1.force9.co.uk/texts/summaries/ cites.htm

Colom, R., Z. Reyes y Y. Gil 1994. Censo comprensivo de la pesca costera de la República Dominicana. Reportes del Propescar-Sur, 1: 1-34.

Correa, D. D. 1964. Corallimorpharia e Actiniaria do Atlantico Oeste Tropical. Universidad de Sao Paulo, 140 pp.

De la Fuente, Santiago 1976. Geografía Dominicana. Editorial Colegial Quisqueyana, S. A., Santo Domingo, República Dominicana, 272 pp.

Den Hartog, C. 1970. The seagrasses of the world. Tweede Reeks, Deel 59. No. 1, 268 pp.

Díaz, C. C. e I. Bonnelly 1978. Estudio malacológico en 17 playas de la República Dominicana. En: Conservación y Ecodesarrollo, Centro de Investigaciones de Biología Marina, CIBIMA, Universidad Autónoma de Santo Domingo, pp. 195–306.

Eschmeyer, W. N. (editor) 1998. Catalog of fishes. California Academy of Sciences, San Francisco, California, Vols. I, II y II, 2904 pp.

FishBase 2002. A Global Information System on Fishes with an information system with key data on the biology of all fishes destinated to different persons, including fisheries managers, policymakers and research scientists. http://www.fishbase.org/infos.htm.

Fisheries Development Limited 1980. Desarrollo pesquero en la República Dominicana. Informe preparado por Fisheries Development Limited, 435 pp.

Gaceta Oficial 1996. Actos del Poder Jurídico. Año CXLV, Número 9926, Editora Cromos S. A., 57 pp.

Geraldes, F. X. 1994. Iniciativa para la conservación de los arrecifes coralinos del Caribe, República Dominicana. Informe final del proyecto 1993-1994, Centro de Investigaciones de Biología Marina, CIBIMA, Universidad Autónoma de Santo Domingo, 74 pp.

HACH 2001. Products for analysis. HACH Company, Loveland, USA, 358 pp.

Hager, J. y T. A. Zanoni 1993. La vegetación natural de la República Dominicana: una nueva clasificación. Moscosoa 7: 39-81.

Hart, J. C. y W. T. Stone 1976. A cruising guide to the Caribbean and the Bahamas. Dodd, Mead & Company, New York, 578 pp.

Henderson, R. W., A. Schwartz y S. J. Incháustegui 1984. Guía para la identificación de los anfibios y reptiles de la Hispaniola. Museo Nacional de Historia Natural. Serie Monográfica Nº 1. Editora Taller.

Hendler, G., J. E. Miller, D. L. Pawson y P. M. Kier 1995. Sea Stars, sea urchins and allies. Echinoderms of Florida and the Caribbean. Smithsonian Institution Press, Washington, 390 pp.

Herrera, A. y L. Betancourt 2001. Escenarios climáticos, vulnerabilidad y adaptación de la zona costera de la República Dominicana. Proyecto PNUD Cambio Climático, 45 pp.

Herrera, A. y L. Betancourt 2002. Anémonas (Anthozoa: Actiniaria, Corallimorpharia, Ceriantharia y Zoanthidea) conocidas para la Hispaniola. Ciencia y Sociedad, INTEC (27)3: 439-453.

Herrera, A. 2002. La Clasificación Numeéica y su Aplicación en la Ecologia. Universidad INTEC/Programa EcoMar, Inc.

Herrera, A. L. Betancourt y B. Peguero en prep. Clasificación numérica de la vegetación de la región terrestre y costera de Nigua, San Cristóbal. Moscosoa.

Herrera, A. y L. Betancourt 2003. Estándares narrativos de calidad ambiental para la República Dominicana. Reporte del Programa EcoMar, Inc. 12 pp.

Hjulstrom, F. 1939. Transport of detritus by moving water. Pages 5-31 in P. B. Trask, editor. Recent marine sediment. Dover Publications.

Hooper, J. N. A. 1995. Guide to sponge collection and identification. Queensland Museum, South Brisbane, Australia, 77 pp.

Humann, P. 1993. Reef coral identification. Ned Deloach, editor, New World Publications, Inc., 239 pp.

IPCC 1990. Sea level rise: climate change: the IPCC scientific assessment. Cambridge University Press, Cambridge.

IUCN 2003. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. 2003 IUCN Red List of Threatened Species. http://www.redlist.org/

Krumbein, W. C. 1934. Size frequency distribution of sediments and the normal phi curve. Journal of Sedimentary Petrology, Vol. 4, pp. 65-77.

Limia. M. 2001. Construcción de escenarios climáticos para República Dominicana. Informe de Consultoría al Proyecto PNUD DOM/99/G31, 29 pp.

Liogier, A. H. 2000. Diccionario botánico de nombres vulgares de La Española. Jardín Botánico Nacional, Santo Domingo, 598 pp.

Liogier, H. A. 1985. La flora de la Española III. Univ. Central del Este, San Pedro de Macorís, República Dominicana. Ser. Ci.22, 431 pp.

Liogier, H. A. 1995. La flora de la Española VII. Univ. Central del Este, San Pedro de Macorís, República Dominicana. Ser. Ci. 27, 517 pp.

Liogier, H. A. 1996. La flora de la Española VIII. Univ. Central del Este, San Pedro de Macorís, República Dominicana. Ser. Ci. 29, 588 pp.

Littler, D. S. y M. M. Littler 2000. Caribbean Reef Plants: An Identification Guide to the Reef Plants of the Caribbean, Bahamas, Florida and Gulf of Mexico. OffShore Graphics, Inc. Washington, D.C., 542 pp.

Martínez, E. 1999 Bahía de Luperón, Un Monumento Natural en Peligro. http://kiskeya-alternative.org/publica/eleuterio/bahialuperon1611.htm

OMT. 1998. Introducción al turismo. Organización Mundial del Turismo, Madrid, 392 pp.

Pavlidis, S. 1998. The Abaco Guide: A Cruising Guide to the Northern Bahamas including Grand Bahama, the Bight of Abaco and the Abacos. Seaworthy Publications. http://www.sailing-books.com/

Peguero, B. 2000. Estudio de Flora y Vegetación en el área del Proyecto Los Guzmancitos. Informe técnico para un estudio de impacto ambiental. 42 pp.

Peguero, B. y T. Clase. 2002. Flora y Vegetación serpentinícolas de la franja costera Maimón-Guzmancito, Puerto Plata, República Dominicana. Libro de Resúmenes. VIII Congreso Latinoamericano de Botánica. Cartagena de Indias. p. 358.

Peguero, B. y T. Clase 2001. Nombres comunes utilizados en la flora dominicana. Jardín Botánico Nacional.

Planos, E. 2001 Impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos en la República Dominicana. Informe de Consultoría al Proyecto PNUD DOM/99/G31, 29 pp.

Powell, R., J. A. Ottenwalder y S. J. Inchaustegui. 1999. The Hispaniolan Herpetofauna: Diversity, Endemism, and Historical Perspectives, with Comments on Navassa Island. Pp. 93-168. En: Caribbean Amphibians and Reptiles, edited by B. Crother. Academic Press.

Powell, R., J. A. Ottenwalder, S. J. Incháustegui, R. W. Henderson y R. E. Glor 2000. Amphibians and reptiles of the Dominican Republic: species of special concern. Oryx 34 (2), 118-128

Ralph, C. J,. G. R. Geupel; P. Pyle, M. E. Thomas, F.D, DeSante y B. Milá. 1994. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Portland, U.S. Department of Agriculture Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 41 pp.

Rodríguez, G. J. 1998. Plantas indeseables en el cultivo de la caña de azúcar. Editorial científico-técnica. La Habana, Cuba, 36 pp.

Saldívar, Manuel de la Rosa 2002. Evaluación preliminar de las características mecánicas y físico-químicas de los horizontes que constituyen el subsuelo de los terrenos donde se levantará el proyecto Marina Tropical Luperón, en Luperón Puerto Plata. Estudios, consultas y supervisión suelos, hormigón y asfalto, Santiago de los Caballeros, 15 pp.

Schwartz, A y R. W. Henderson 1991. Amphibians and reptiles of the West Indies, descriptions, distributions, and natural history. Univ. Press Florida, Gainesville. 720 pp.

Schwartz, A. y R. Klinikowski, 1965. Additional Observations on West Indian Birds. Notulae Naturae 306: 1-15.

SCS 1972. National Engineering Handbook. Section 4. Hydrology. USDA, Soil Conservation Service. 548 p.

SEMARN 2001. Normas Ambientales sobre la calidad del agua y control de descargas. Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Editora Búho, Santo Domingo, República Dominicana, 52 pp.

Snedaker, S. y Getter, C. 1985. Pautas para el Manejo de los Recursos Costeros. Serie de Información sobre Recursos Renovables. Research Plannig Institute. No. 2: 33-53.

SPM 1984. Shore Protection Manual. US Army Engineer Waterways Experiment Station, Coastal engineering Research Center, Us Government Printing Office, Washington, DC. 4ta edición, 2 Volúmenes.

Serrulle, J. R. 1999. Ecoturismo y Desarrollo Sostenible en Republica Dominicana, el Caribe y el Mundo. Ediciones Fundación Ciencia y Arte Colección Desarrollo Integral. http://www. kiskeya-alternative.org/publica/fca1/index.html#toc.

Terrero, N. e I. Bonnelly 1978. La colección ictiológica del Centro de Investigaciones de Biología Marina de la Universidad Autónoma de Santo Domingo. Editora Taller C. por A., Santo Domingo, 23 pp.

Van Sant, B. 1996. Approaching Hispaniola. En: The Gentleman's Guide to Passages South. Cruising Guide Publications, Dunedin, Florida, 306 pp.

Warmke, G. L. y R. T. Abbot 1962. Caribbean Seashells. Cuarta Edición, Livingston Publishing Company, Wynnewood, Pennsylvania, 348 pp.

Wetmore, A. y B. H. Swales 1931 The Birds of Haiti and the Dominican Republic. U.S. National Museum Bull. 155, pp. 1- 483.

Wynne, M. J. 1998. A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical Western Atlantic: first revision. Nova Hedwigia 116: 155 pp.

Zlatarski, V. N. y Martínez-Estalella, N. 1982. Les Scleractíniaires de Cuba. Edición de la Academia de Ciencias de Bulgaria, Sofía, 312 pp.

Esta primera edición de:
Bahía de Luperón: Apuntes Ecológicos
para la Conservación de un Área Protegida
se terminó de imprimir en marzo del año 2004
en los talleres gráficos de la Editora Búho,
Santo Domingo, República Dominicana.

Tomado de: Betancourt Liliana y Alejandro Herrera-Moreno 2004. Apuntes ecológicos para la conservación de un Área Protegida: Bahía de Luperón. Universidad INTEC/ Programa EcoMar, Inc., Editora Búho, 140 pp.



Por la belleza de sus escenarios naturales, la hospitalidad de sus habitantes y su excelente ubicación geográfica -que hace de ella uno de los refugios contra huracanes más seguros de la región- la Bahía de Luperón ha sido tradicionalmente un punto importante del velerismo mundial, en las rutas de navegación del Atlántico y el Caribe. Además de esta relevancia como destino turístico, la Bahía de Luperón es un Monumento Natural dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, categoría que se apoya en sus extraordinarios valores de biodiversidad terrestre, costera y marina que tienen su base –en gran medida- en el extenso bosque de manglar que cubre prácticamente toda su periferia. Sin embargo, a pesar de esta relevancia ecológica y turística, la región aparece en su contexto provincial como un punto olvidado dentro de las investigaciones de la biodiversidad, omisión subsanada con esta nueva entrega del Programa EcoMar, Inc. que ofrece por primera vez una caracterización ecológica integral de la Bahía de Luperón y su entorno, en aras de contribuir al conocimiento de esta importante Área Protegida, como punto de partida para su conservación sobre bases científicas. Por la belleza de sus escenarios naturales, la hospitalidad de sus habitantes y su excelente ubicación geográfica -que hace de ella uno de los refugios contra huracanes más seguros de la región- la Bahía de Luperón ha sido tradicionalmente un punto importante del velerismo mundial, en las rutas de navegación del Atlántico y el Caribe. Además de esta relevancia como destino turístico, la Bahía de Luperón es un Monumento Natural dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, categoría que se apoya en sus extraordinarios valores de biodiversidad terrestre, costera y marina que tienen su base –en gran medida– en el extenso bosque de manglar que cubre prácticamente toda su periferia. Sin embargo, a pesar de esta relevancia ecológica y turística, la región aparece en su contexto provincial como un punto olvidado dentro de las investigaciones de la biodiversidad, omisión subsanada con esta nueva entrega del Programa EcoMar, Inc. que tiene como objetivo realizar por primera vez una caracterización ecológica integral de la Bahía de Luperón y su entorno, en aras de contribuir, sobre bases científicas, al conocimiento de esta importante Área Protegida, como punto de partida para su conservación y adecuado manejo turístico.

Programa
EcoMar